



Club Subaquatique Islois

Club affilié à la FFESSM, agréé Jeunesse et Sports

La Cigalette – 84 800 Isle sur Sorgue

Tél. 04 90 38 90 38

www.csiplongee.net

csiplongee@laposte.net



1 – PRESENTATION DU NIVEAU 2

1.1 - Introduction

Vous êtes titulaire du premier niveau de plongeur (plongeur P1 de la FFESSM ; plongeur 1* CMAS). Ce niveau vous permet actuellement de plonger encadré dans l'espace médian (<20 m).

L'accès au niveau 2 vous permettra :

- en étant encadré, de faire des explorations plus profondes, dans l'espace lointain (limité à 40 m) ;
- sous la responsabilité du Directeur de Plongée, sous certaines conditions, de plonger en autonomie dans l'espace médian (limité à 20 m).

L'accès à cette autonomie suppose de votre part la maîtrise de la gestion de votre plongée et la capacité de gérer les incidents éventuels (assistance ou sauvetage d'un camarade en difficulté).

1.2 – Conditions de candidature

Pour pouvoir passer le niveau 2, il faut :

- être âgé de 16 ans minimum (avec autorisation parentale pour les mineurs) ;
- être licencié à la FFESSM ;
- être titulaire du niveau 1 de la FFESSM, ou d'un brevet admis en équivalence ;
- présenter un certificat médical de non contre indication à la pratique de la plongée subaquatique de moins de un an. Ce certificat peut être établi sur un imprimé fédéral par :
  - un médecin fédéral ;
  - un médecin titulaire du CES de médecine du sport ;
  - un médecin hyperbare ;
  - un médecin de la plongée.

1.3 – Prérogatives du niveau 2

Voir l'arrêté du 22 juin 1998

1.4 – Formation niveau 2

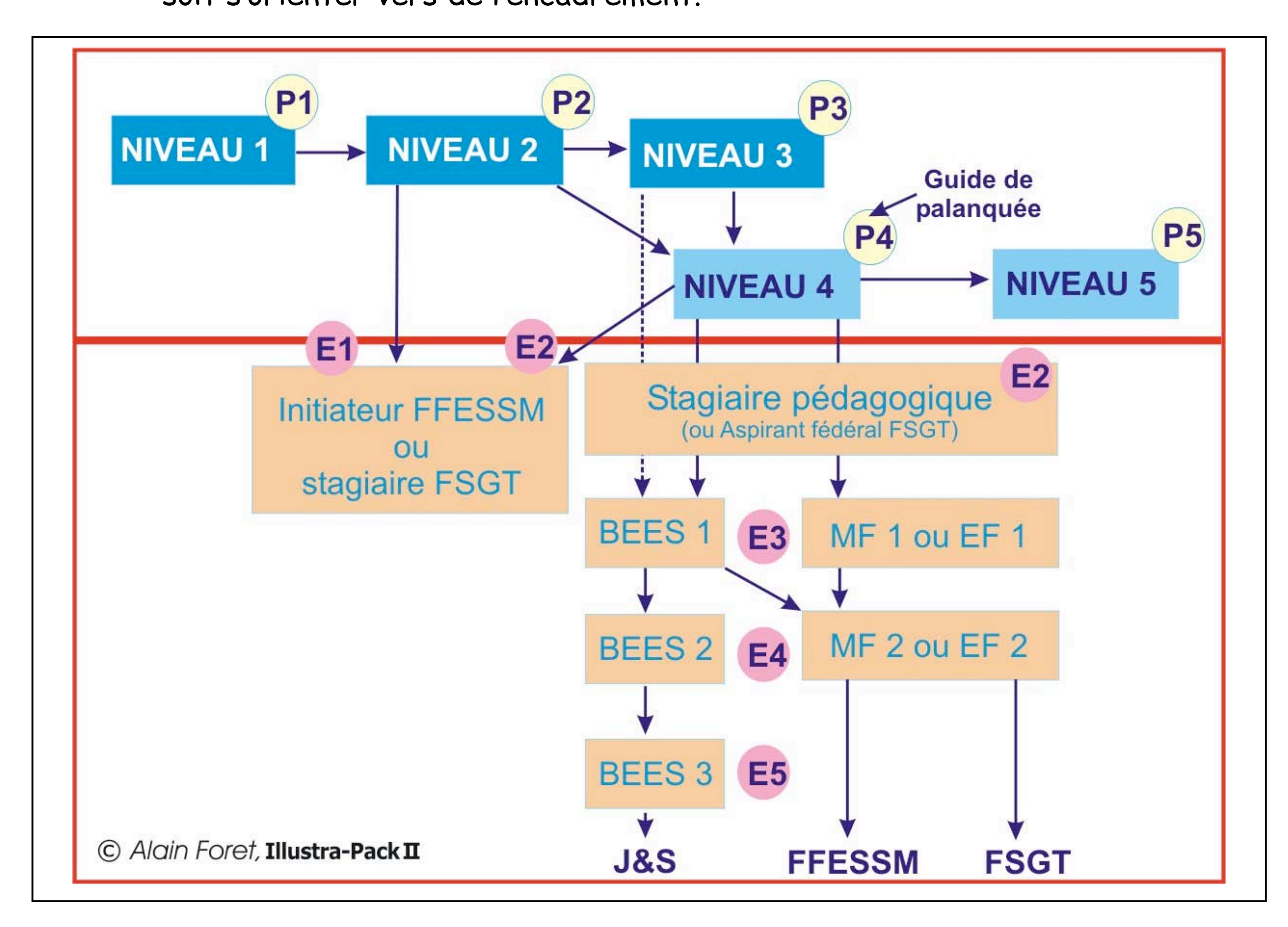
La formation fédérale se décline en 6 compétences comportant chacune des capacités à acquérir :

- compétence 1 : utilisation du matériel et comportement en surface ;
- compétence 2 : immersion et retour en surface ;
- compétence 3 : maîtrise de la ventilation en plongée ;
- compétence 4 : réactions aux situations usuelles ;
- compétence 5 : autonomie de plongée dans l'espace médian ;
- compétence 6 : connaissances théoriques.

Les compétences 1 à 5 doivent être acquises en milieu naturel et certaines d'entre elles vont se préparer en piscine.
Ce cours ne concerne que la compétence « connaissances théoriques ».

1.5 – Apres le niveau 2

Le titulaire du niveau 2 peu ensuite soit accéder au niveau 3 de plongeur, soit s'orienter vers de l'encadrement.



2 - REGLEMENTATION

2.1 – Loi de 1984 sur le sport

[loi 84-610 du 17 juillet 1984 relative à l'organisation et à la promotion des activités physiques et sportives]

Ce texte de loi définit l'ensemble du cadre réglementaire du sport en France.

Il introduit la notion de fédérations sportives agrées. Pour chaque sport, il existe une unique fédération délégataire, ayant seule le droit de s'appeler « Fédération Française (ou Nationale) de … », et ayant en charge :

- organiser les compétitions sportives aux différents niveaux national, régionaux…, et de décerner les titres correspondants (champion de France…)

- d'édicter les règles techniques relatives à la pratique de la discipline…

Les statuts types des fédérations délégataires sont imposés ; en particulier, ce sont nécessairement des associations « loi 1901 ».
(Notre fédération vient de se voir renouveler cette délégation en 2005)

2.2 – Les associations « loi 1901 »

[loi Waldec-Rousseau du 1er juillet 1901]
Ce texte de loi définit le cadre réglementaire des associations sans but lucratif. Ces associations sont créées dans un but commun, et ont interdiction de se partager les éventuels bénéfices, qui doivent par conséquent être réinvestis dans l'association.

Il leur est interdit de concurrencer une structure commerciale ou de se livrer à des activités commerciales (avec toutefois une possibilité de dérogation limitée).
Les associations « loi 1901 » déclarées ont une existence juridique (personne morale).

2.3 – La F.F.E.S.S.M.

[Fédération Française d'Études et de Sports Sous-Marins]



Notre fédération est déléguée par le ministère de la Jeunesse et des Sports pour l'organisation de la pratique et de l'enseignement de la plongée sous-marine en France. Elle regroupe des clubs associatifs et des structures commerciales agréées (19 Clubs en Vaucluse et 8 (?) SCA en Comité Provence).
La FFESSM possède une organisation déconcentrée : Comités régionaux ou inter-régionaux et comités départementaux.
Elle regroupe 160 000 plongeurs dont 6000 moniteurs répartis dans 2500 clubs ou SCA.
Le Comité Directeur National a institué 15 commissions :

- commission Plongée en scaphandre (technique) ;
- commission Plongée libre (randonnée et apnée) ;
- commission Activités pour les jeunes ;
- commission Plongée Souterraine ;
- commission Nage avec Palmes ;
- commission Hockey Subaquatique ;
- commission Nage en Eau Vive ;
- commission Pêche Sous-Marine ;
- commission Tir sur Cible Subaquatique.
- commission Orientation Subaquatique ;
- commission Environnement et Biologie Subaquatique ;
- commission Audiovisuelle ;
- commission Archéologie Subaquatique ;
- commission Médicale et de Prévention ;
- commission Juridique.

2.4 Licence Fédérale

2.5 – La C.M.A.S.

[Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques]

La FFESSM est membre fondateur de la CMAS.

La CMAS est une confédération de fédérations nationales à buts non lucratifs, permettant entre autres des équivalences entre niveaux issus des différentes fédérations membres.

La CMAS représente environ 3 000 000 de plongeurs actifs.

2.6 – L'arrêté du 22 juin 1998

Cet arrêté définit les règles techniques et de sécurité (niveaux, matériel obligatoire, conditions d'organisation et de niveau…) pour la pratique de la plongée. Il est donné en annexe.

Il ne concerne pas :

- la plongée libre (apnée) ;
- l'archéologie sous marine ;
- l'orientation en compétition ;
- la plongée aux mélanges.

2.7 – Assurances et responsabilité



Il faut distinguer responsabilité civile et responsabilité pénale.



- la responsabilité civile est engagée en cas de dommage occasionné à autrui. L'auteur doit dédommager sa victime. Cette responsabilité civile doit être assurée et c'est l'assureur qui se substitue à l'auteur pour indemniser la victime.
  La licence fédérale nous assure en responsabilité civile en ce qui concerne les activités liées à la plongée.
- la responsabilité pénale est engagée lorsqu'il y a infraction à la loi pénale. L'auteur de l'infraction doit réparer sa faute vis-à-vis de la société (amende, emprisonnement..). Cette responsabilité pénale ne peut pas être assurée.

Assurance complémentaire

Avec l'assurance liée à la licence (assurance RC), vous n'êtes pas couvert pour les dommages que vous pourriez vous occasionner.

La plongée est considérée comme une activité à risque et est souvent exclue des contrats d'assurance classiques (assurance vie ou invalidité*). Interrogez votre assureur*

La F.F.E.S.S.M., en partenariat avec le cabinet Lafond (groupe AXA), propose différents niveaux de garanties couvrant, dans le monde entier, les

frais de recherche et de sauvetage, les frais de rapatriement, un capital décès ou invalidité.

Arrêté du 22 juin 1998

JODF du 11 Juillet 1998
modifié (arr. du 28 août 2000, JODF du 6 septembre 2000)

RELATIF AUX RÈGLES TECHNIQUES ET DE SÉCURITÉ DANS LES ÉTABLISSEMENTS ORGANISANT LA PRATIQUE ET L'ENSEIGNEMENT DES ACTIVITÉS SPORTIVES ET DE LOISIR EN PLONGÉE AUTONOME À L'AIR.

NOR : MJSK9870068A

Le ministre de l'équipement, des transports et du logement et la ministre de la jeunesse et des sports
Vu la loi n°84-610 du 16 juillet 1984 modifiée relative à l'organisation et à la promotion des activités physiques et sportives;
Vu le décret n°93-1101 du 3 septembre 1993 concernant la déclaration des établissements dans lesquels sont pratiquées des activités physiques et sportives et la sécurité de ces activités;
Vu l'arrêté du 23 novembre 1987 modifié relatif à la sécurité des navires;
Vu l'arrêté du 13 janvier 1994 relatif à la déclaration d'ouverture prévue aux article 1er et 2 du décret n°93-1101 du 3 septembre 1993 concernant la déclaration des établissements dans lesquels sont pratiquées des activités physiques et sportives et la sécurité de ces activités;
Vu l'avis du comité consultatif de l'enseignement sportif de la plongée subaquatique en date du 16 mai 2000.

ARRÊTENT :

Art.1 : Les établissements mentionnés à l'article 47 de la loi du 16 Juillet 84 modifiée susvisée, qui organisent la pratique ou dispensent l'enseignement de la plongée subaquatique autonome à l'air sont soumis aux règles de technique et de sécurité définies par le présent arrêté.

Art.2 : Les annexes I à IV du présent arrêté déterminent :

- Les niveaux de pratique des plongeurs et équivalences de prérogatives (Annexe I).
- Les niveaux d'encadrement (Annexe II).
- Les conditions de pratique de la plongée en milieu naturel (Annexe III a, III b).
- Le contenu de la trousse de secours (Annexe IV).

Titre 1er : Le directeur de plongée

Art.3 : La pratique de la plongée est placée sous la responsabilité d'un directeur de plongée présent sur le site qui fixe les caractéristiques de la plongée et organise l'activité. Il s'assure de l'application des règles définies par le présent arrêté.

Art.4 : Le directeur de plongée en milieu naturel est titulaire au minimum :

- du niveau 3 d'encadrement.
- ou du niveau 5 de plongeur uniquement en cas d'exploration.

Il faut entendre par exploration, la pratique de la plongée en dehors de toute action d'enseignement.

Art.5 : Lorsque la plongée se déroule en piscine ou fosse de plongée dont la profondeur n'excède pas six mètres, le directeur de plongée est titulaire au minimum du niveau 1 d'encadrement. Le directeur de plongée autorise les plongeurs de niveau 1 ayant reçu une formation adaptée à plonger entre eux et les plongeurs de niveau 4 à effectuer les baptêmes.
La plongée dans une piscine ou fosse de plongée dont la profondeur excède six mètres est soumise aux dispositions relatives à la plongée en milieu naturel.

Titre 2 : Le guide de palanquée

Art.6 : Plusieurs plongeurs qui effectuent ensemble une plongée présentant les mêmes caractéristiques de durée, de profondeur et de trajet constituent une palanquée.

Une équipe est une palanquée réduite à deux plongeurs.

Art.7 : Le guide de palanquée dirige la palanquée en immersion. Il est responsable du déroulement de la plongée et s'assure que les caractéristiques de celle-ci sont adaptées aux circonstances et aux compétences des participants.

L'encadrement de la palanquée est assuré par un guide de palanquée titulaire des qualifications mentionnées en annexe II du présent arrêté et selon les conditions de pratique définies en annexe III.

En situation d'autonomie, les plongeurs majeurs de niveau égal ou supérieur au niveau 2 peuvent évoluer en palanquée sans guide selon les conditions définies en annexe III.

Titre 3 : Matériel d'assistance et de secours

Art.8 : Les pratiquants ont à leur disposition sur les lieux de plongée, le matériel de secours suivant :

- un moyen de communication permettant de prévenir les secours;
- une trousse de secours dont le contenu minimum est fixé en annexe IV du présent arrêté
- de l'eau douce potable non gazeuse;
- un ballon auto-remplisseur à valve unidirectionnelle (BAVU) avec sac de réserve d'oxygène;
- une bouteille d'oxygène gonflée d'une capacité suffisante pour permettre, en cas d'accident, un traitement adapté à la plongée, avec mano détendeur et tuyau de raccordement au BAVU;

- une bouteille d'air de secours équipée de son détendeur;
- une couverture iso thermique;
- un moyen de rappeler un plongeur en immersion depuis la surface, lorsque la plongée se déroule en milieu naturel, au départ d'une embarcation; ainsi qu'éventuellement un aspirateur de mucosités.

Ils ont en outre le matériel d'assistance suivant :
- une tablette de notation;
- un jeu de tables permettant de vérifier ou recalculer les procédures de remontées des plongées réalisées au-delà de l'espace proche.

Les matériels et équipements nautiques des plongeurs sont conformes à la réglementation en vigueur et correctement entretenus.

Art.9 : L'activité de plongée est matérialisée selon la réglementation en vigueur.

Titre 4 - Équipement des plongeurs

Art.10 : Sauf dans les piscines ou fosses de plongée dont la profondeur n'excède pas six mètres, les plongeurs évoluant en autonomie et les guides de palanquée sont équipés chacun d'un système gonflable au moyen de gaz comprimé leur permettant de regagner la surface et de s'y maintenir, ainsi que des moyens de contrôler personnellement les caractéristiques de la plongée et de la remontée de leur palanquée.
En milieu naturel, le guide de palanquée est équipé d'un équipement de plongée muni de deux sorties indépendantes et de deux détendeurs complets. Les plongeurs en autonomie sont munis d'un équipement de plongée permettant d'alimenter en gaz respirable un équipier sans partage d'embout.

Titre 5 : Espace d'évolution et conditions d'évolution

Art.11: Les plongeurs accèdent, selon leur compétence, à différents espaces d'évolution :
- Espace proche : de 0 à 6 mètres
- Espace médian : de 6 mètres à 20 mètres.
- Espace lointain : de 20 mètres à 40 mètres.

Dans des conditions matérielles et techniques favorables, l'espace médian et l'espace lointain peuvent être étendus dans la limite de 5 mètres.
La plongée subaquatique autonome à l'air est limitée à 60 mètres. Un dépassement accidentel de cette profondeur de 60 mètres est autorisé dans la limite de 5 mètres.
En cas de ré immersion, tout plongeur en difficulté est accompagné d'un plongeur chargé de l'assister.
L'annexe III fixe les conditions d'évolution des plongeurs en fonction de leur niveau.

Art.12 : Une palanquée constituée de débutants ne peut évoluer que dans l'espace proche. En fin de formation technique conduisant au niveau 1 de plongeur, celle-ci peut évoluer dans l'espace médian sous la responsabilité d'un guide de palanquée.

Art. 13 : Une palanquée constituée de plongeurs de niveau 1 ne peut évoluer que dans l'espace médian et sous la responsabilité d'un guide de palanquée. En fin de formation technique conduisant au niveau 2, celle-ci peut évoluer dans l'espace lointain, sous la responsabilité d'un enseignant qualifié.

Art.14 : A l'issue d'une formation adaptée, le directeur de plongée peut autoriser les plongeurs majeurs de niveau 1 à plonger en équipe dans une zone n'excédant pas dix mètres, dans les conditions suivantes :
- Cette zone de plongée est dépourvue de courant et présente une visibilité verticale égale à la profondeur;
- Aucun point de cette zone ne doit être éloigné de plus de trente mètres d'un point fixe d'appui;
- Cette zone est surveillée, en surface, par deux personnes possédant au minimum l'une, le niveau 3 d'encadrement et l'autre le niveau 4 de plongeur, prêtes à intervenir à tout moment à l'aide d'une embarcation;
- Un des surveillants se tient en permanence prêt à plonger;
- L'obligation d'embarcation n'est pas applicable aux fosses de plongée;
- Un même groupe de deux surveillants ne peut prendre en charge plus de cinq équipes.

Art.15 : Les plongeurs majeurs de niveau 2 sont, sur décision du directeur de plongée, autorisés à plonger entre eux dans l'espace médian.

Si la palanquée est constituée de plongeurs majeurs de niveaux 2 et 3, celle-ci n'est autorisée à évoluer que dans l'espace médian.

Art.16 : Les plongeurs de niveau égal ou supérieur au niveau 2 sont, sur décision du directeur de plongée, autorisés à plonger en autonomie.
En l'absence du directeur de plongée, les plongeurs de niveau 3 et supérieurs peuvent plonger entre eux et choisir le lieu, l'organisation et les paramètres de leur plongée.

Titre 6 : Dispositions générales

Art.17 : Les dispositions du présent arrêté ne sont pas applicables à l'apnée, à la plongée archéologique, souterraine ainsi qu'aux parcours balisés d'entraînement et de compétition d'orientation subaquatique.

Art.18 : L'arrêté du 20 Septembre 1991 modifié relatif aux conditions de garanties de techniques et de sécurité dans les établissements organisant la pratique et l'enseignement des activités subaquatiques sportives et de loisirs autonome à l'air est abrogé.

Art.19 : Le directeur des sports et le directeur du transport maritime, des ports et du littoral et les préfets sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal Officiel de La République Française.

Fait, à Paris le 22 juin 1998

La ministre de la jeunesse et des sports, Pour la ministre et par délégation : Le directeur des sports **P. VIAUX**	Le ministre de l'équipement, des transports et du logement, Pour le ministre et par délégation : Le directeur du transport maritime, des ports et du littoral : **C. GRESSIER**

ANNEXE I
NIVEAUX DE PRATIQUE DES PLONGEURS ET ÉQUIVALENCES DE PRÉROGATIVES

Cette annexe concerne les niveaux de pratique des plongeurs et équivalences de prérogatives entre les différents brevets de plongeurs délivrés par la FFESSM (Fédération française d'études et de sports sous-marins) et la FSGT (Fédération sportive et gymnique du travail), les attestations de niveaux délivrées par les autres organismes membres de droit du Comité Consultatif de l'enseignement sportif de la plongée subaquatique et les brevets CMAS (Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques).
Les attestations de niveaux et brevets doivent justifier que leurs titulaires ont démontré un niveau technique au moins équivalent à celui des brevets de même niveau de la FFESSM (Fédération française d'études et de sports sous-marins) et organisés dans des conditions similaires de certification et de jury.
Les moniteurs titulaires du niveau 3 d'encadrement, adhérents d'un des organismes membre de droit du comité consultatif, peuvent établir un certificat de compétences, à l'issue d'une ou plusieurs plongées d'évaluation organisées dans le respect du présent arrêté. Ce certificat reste la propriété du moniteur, il n'est pas remis au plongeur et n'est valable que dans le cadre de l'établissement qui l'a délivré. Les plongeurs bénéficiaires de ce certificat obtiennent des prérogatives identiques à celles qui sont référencées dans le tableau figurant à la présente annexe sans dépasser celles du niveau 3 (P 3).

	BREVETS			ATTESTATION DE NIVEAU	
Niveau de prérogative de plongeurs	FFESSM	CMAS	FSGT	ANMP	SNMP
Niveau 1 P1	Plongeur N1	Plongeur 1 étoile	Plongeur N1	Plongeur	Plongeur
Niveau 2 P2	Plongeur N2	Plongeur 2 étoiles	Plongeur N2	Equipier	Plongeur confirmé
Niveau 3 P3	Plongeur N3	Plongeur 3 étoiles	Plongeur N3	Autonome	Plongeur autonome
Niveau 4 P4	Plongeur N4 capacitaire	Plongeur 3 étoiles	Guide de palanquée	Guide de palanquée	Guide de palanquée
Niveau 5 P5	Qualification de Directeur de plongée		Qualification de Directeur de plongée		Directeur de plongée

La qualification Directeur de plongée (Niveau 5) ne pourra être exercée qu'à titre bénévole.

ANNEXE II

	ENSEIGNEMENT BÉNÉVOLE			ENSEIGNEMENT RÉMUNÉRÉ
Niveau de l'encadrement	FFESSM	CMAS	FSGT	BREVETS D'ÉTAT
Niveau 1 :E1	Initiateur		Initiateur	
Niveau 2 E2	Initiateur + P4 ou P4 stagiaire pédagogique	Moniteur 1 étoile	Aspirant fédéral	Stagiaire pédagogique
Niveau 3 E3	Fédéral 1er degré	Moniteur 2 étoiles	Fédéral 1 er degré	BEES1
Niveau 4 E4	Fédéral 2 er degré	Moniteur 3 étoiles	Fédéral 2ème degré	BEES2
Niveau 5 E5				BEES3

ANNEXE III a et III b

IIIa	CONDITIONS DE PRATIQUE DE LA PLONGÉE EN MILIEU NATUREL "EN ENSEIGNEMENT"		
Espace d'évolution	Niveau de pratique des plongeur	Compétence minimum de l'encadrement de la palanquée	Effectif max. de la palanquée encadrement non compris
Espace proche 0 - 6 mètres	Baptême Débutant	E1 E1	1 4 + 1 P4 éventuellement
Espace médian 6 - 20 mètres	Débutant en fin de formation	E2	4 + 1 P4 éventuellement
Espace médian 6 - 20 mètres	Niveau P1	E2	4 + 1 P4 éventuellement
Espace médian 6 - 20 mètres	Niveau P2	E2	4 + 1 P4 éventuellement
Espace lointain 20 - 40 mètres	Niveau P1 en fin de formation	E3	2 + 1 P4 éventuellement
Espace lointain 20 - 40 mètres	Niveau P2	E3	2 + 1 P4 éventuellement
Au delà des 40 m et dans la limite des 60 m	Niveaux P3, P4, P5	E4	3 + 1 E4 éventuellement

IIIb	CONDITIONS DE PRATIQUE DE LA PLONGÉE EN MILIEU NATUREL "EN EXPLORATION"		
Espace d'évolution	Niveau de prérogatives des plongeurs	Compétence minimum du guide de palanquée	Effectif max. de la palanquée guide non compris
Espace proche 0 - 6 mètres	Débutants	P4	4 + 1 P4 éventuellement
Espace médian (*) 6 - 20 mètres	Débutant en fin de formation	P4	4 + 1 P4 éventuellement
Espace médian (*) 6 - 20 mètres	Niveau P1	P4	4 + 1 P4 éventuellement
Espace médian (*) 6 - 20 mètres	Niveau P1	En surface : E3 + P4 quand autonomie dans la zone des 10 mètres	5 équipes
Espace médian (*) 6 - 20 mètres	Niveau P2	Autonomie	3
Espace lointain (*) 20 - 40 mètres	Niveau P2	P4	4
Au delà des 40 mètres et dans la limite des 60 mètres	Niveaux P3, P4 et P5	Autonomie	3

E1, E2, E3, E4 = Niveaux d'encadrement
P1, P2, P3, P4, P5 = Niveaux de pratique
(*) Dans des conditions favorables, les espaces médian et lointain peuvent être étendus dans la limite des 5 mètres. La plongée est limitée à 60 mètres avec possibilité de dépassement accidentel de 5 mètres.

ANNEXE IV

CONTENU DE LA TROUSSE DE SECOURS

La trousse de secours comprend au minimum :

- des pansements compressifs tout préparés (grand et petit modèles : 1 boîte de chaque);
- un antiseptique local de type Ammonium quaternaire (1 tube);
- une crème antiactinique (1 tube);
- une bande de type Velpeau de 5 cm de large;
- de l'aspirine en poudre non effervescente.

NOTIONS DE PHYSIQUE APPLIQUEE A LA PLONGEE

Vous serez bientôt titulaire du niveau 2 de plongeur. Sous la responsabilité du Directeur de Plongée, et sous certaines conditions, vous serez autorisé à plonger en autonomie dans l'espace médian (limité à 20 m).
Vous allez vous retrouver dans diverses situations :
- nage en surface, retour au bateau…. ;
- exploration à des profondeurs variables ;
- remontée d'un camarade en difficulté.

☞ Vous devez être capable de déterminer votre lest optimal pour gérer au mieux chacune de ces situations.

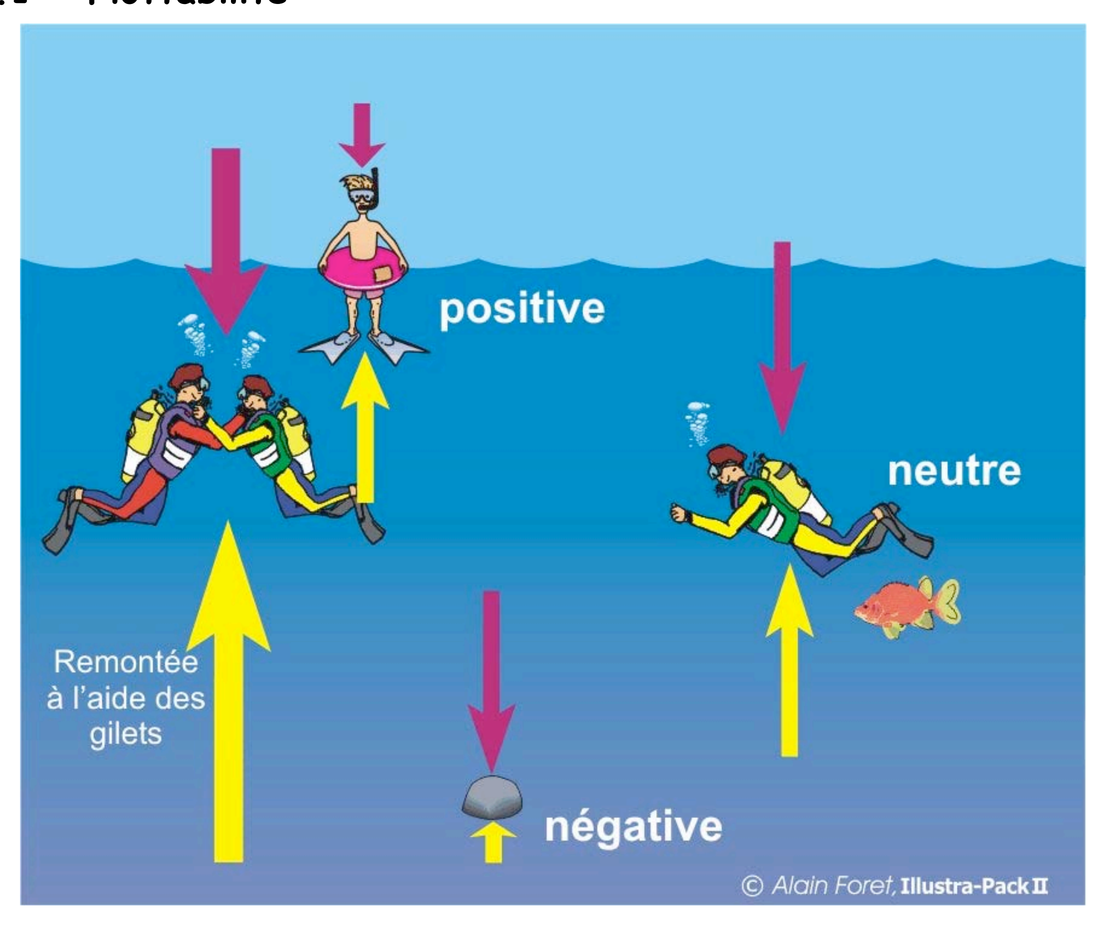
En fin de plongée, vous devez disposer d'une réserve d'air suffisante pour assurer votre remontée, (et celle de votre camarade en difficulté) avec une marge de sécurité.

☞ Vous devez être capable d'estimer correctement votre autonomie en air quelque soit la profondeur envisagée.

Nous allons voir également comment sont modifiées la vision et l'audition.

1 – Lestage et immersion

1.1 - Flottabilité



- Le nageur « flotte » en surface, les plongeurs remontent à l'aide de leur gilet, ils sont en **flottabilité positive.**
- La pierre « coule », elle est en **flottabilité négative.**
- Le plongeur bien équilibré reste entre deux eaux sans effort, il est en **flottabilité neutre.**

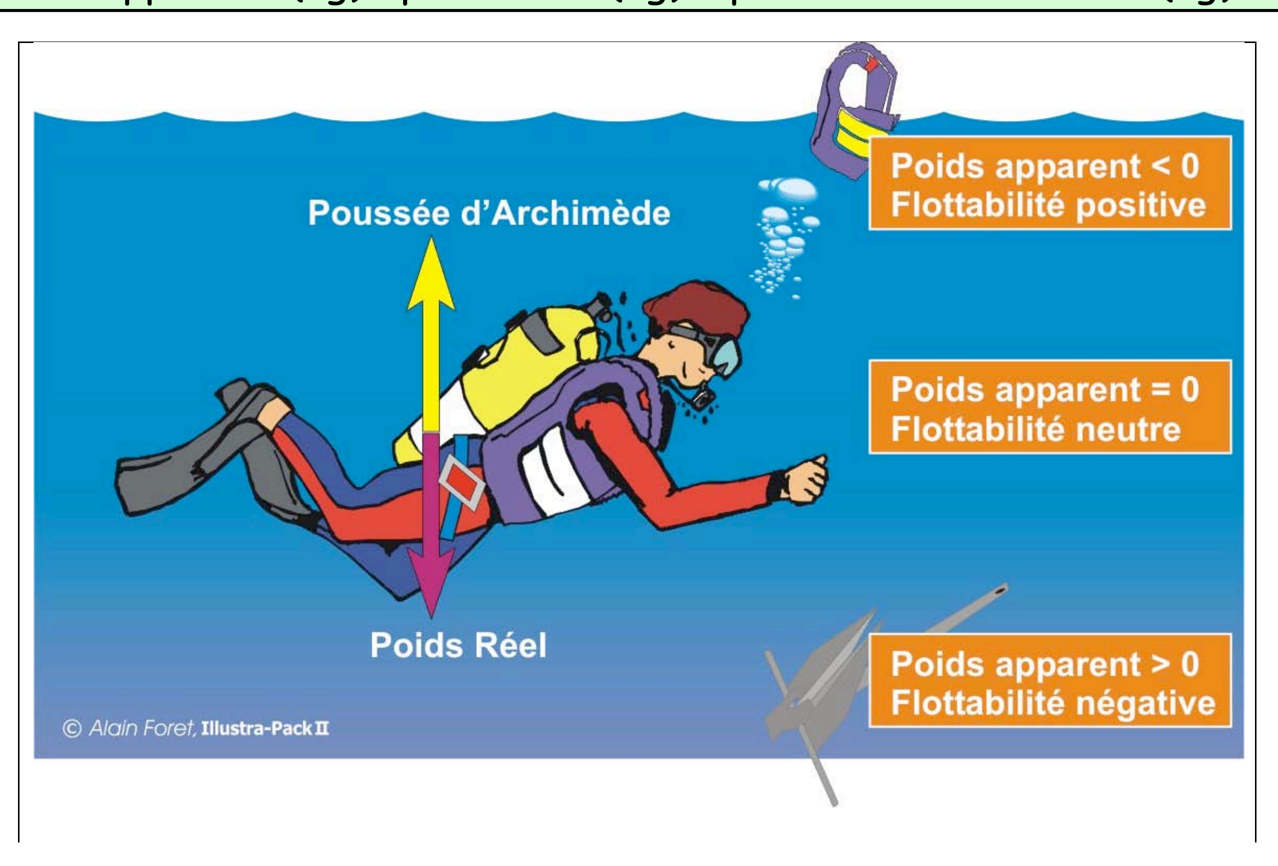
1.2 – Poids[1] (annexe 1) et poids apparent

Lorsque l'on s'immerge, on se sent plus « léger », comme « soutenu » par l'eau.
Dans l'eau, on peut considérer que nous subissons deux actions :

- l'action de la pesanteur qui nous entraîne vers le fond. C'est une force dont l'intensité est égale à notre poids plus celui de notre équipement. Elle passe par le centre de gravité de l'ensemble constitué du plongeur et de son équipement ;
- la poussée de l'eau (poussée d'Archimède) qui nous pousse vers la surface. Archimède (287 – 212 avant JC) a montré que cette action est équivalente à une force dont l'intensité est égale au poids du volume d'eau déplacé. Elle passe par le centre de volume de l'ensemble constitué du plongeur et de son équipement.

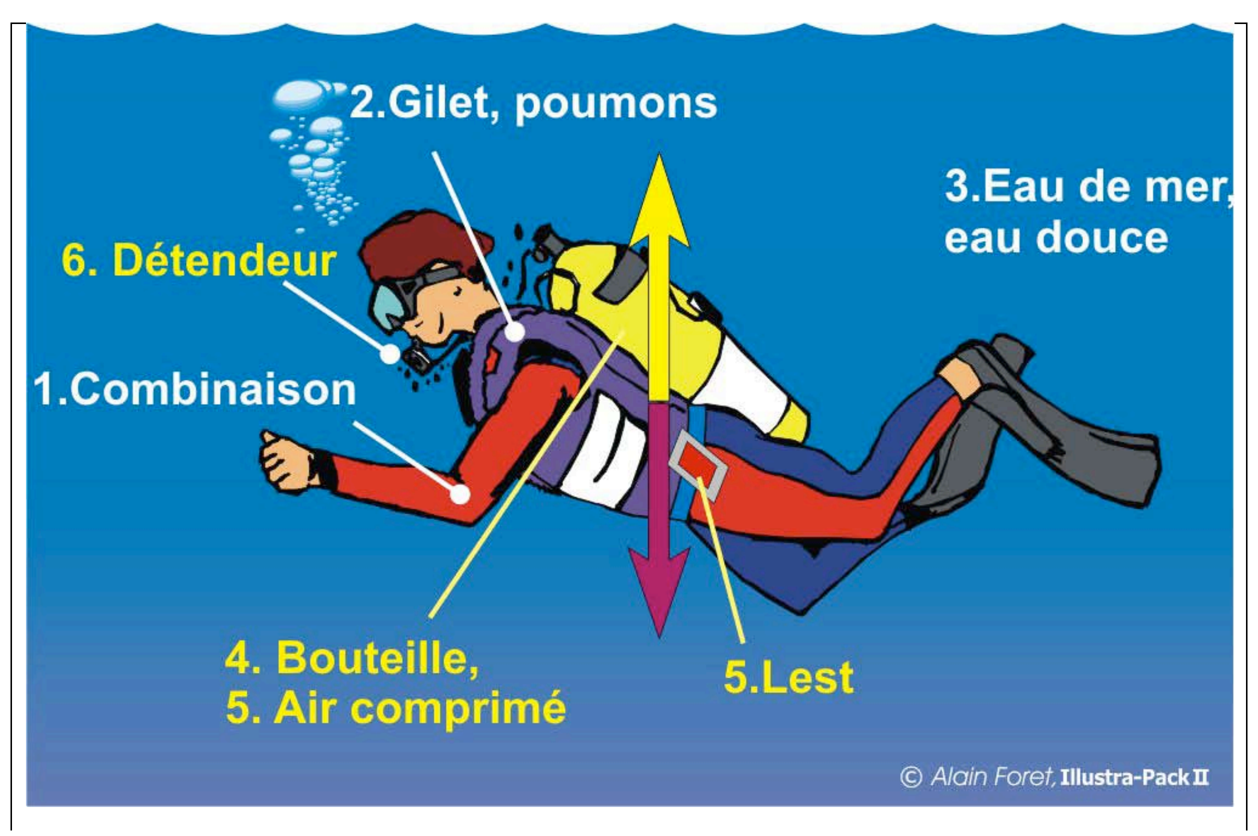
Ces deux actions s'opposent et modifient notre sensation de poids.
On parle alors de poids apparent.

Poids apparent (kg)= poids réel (kg) – poussée d'Archimède (kg)



Exemple : Un bloc 12 litres court à un volume total de 12,5 litres et un poids de 18 kg. On admettra qu'un litre d'eau de mer a un poids de 1 kg.
Quel est le poids apparent du bloc immergé ? *Réponse : 5,5 kg*

1.3 – Facteurs influençant la flottabilité



1 – La combinaison de plongée agit plus ou moins comme une bouée. Cela dépend de la taille, du type (deux pièces ou mono pièce), du matériau utilisé. Le Néoprène est plus ou moins compressible et s'écrase avec la pression. Son volume diminue.

2 – Le gilet et les poumons peuvent se gonfler pour augmenter notre flottabilité ou se vider pour diminuer la poussée de l'eau.

3 – La densité de l'eau est un facteur important. La poussée d'Archimède est égale au poids du volume d'eau déplacé. Si l'eau est plus salée, elle est plus « dense ». 1 litre d'eau douce pèse 1 kg (1000g), 1 litre d'eau salée de Méditerranée pèse en moyenne 1024g. La poussée d'Archimède est plus importante en eau salée. La flottabilité augmente, il faut plus de lest.
Remarque : En mer Rouge, l'eau est encore plus salée, donc plus de lest.

4 – La bouteille de plongée a un poids apparent important. Il dépend du volume, du matériau (alu ou acier), du procédé de fabrication.

5 – La bouteille contient beaucoup d'air en début de plongée, peu en fin de plongée. Le poids de cet air n'est pas négligeable. 1,29g par litre à la pression atmosphérique, soit environ 3 kg pour un bloc de 12l gonflé à 200 bars. En fin de plongée, vous serez plus léger de 2 à 3 kg. Il faut y penser.

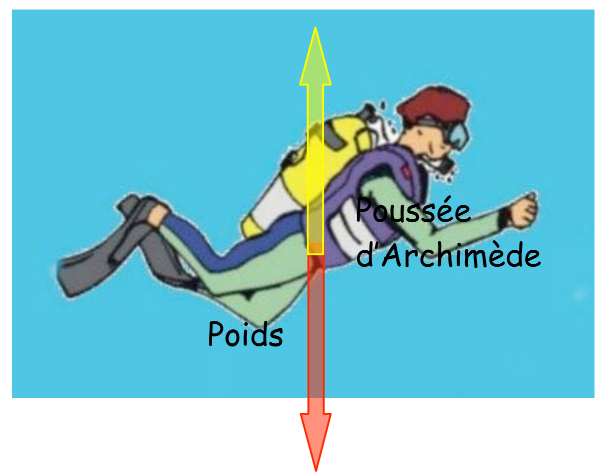
6 – Le détendeur est plus ou moins lourd selon les modèles.

7 – Le lest doit être placé sur le ventre pour rapprocher au maximum les deux actions.

1.4 – Équilibre dans l'eau



Le poids nous entraîne vers le fond, la poussée d'Archimède vers la surface. En flottabilité neutre, sans bouger, nous basculons en arrière.
(D'où l'intérêt de mettre le lest sur le ventre)



1.5 – Calcul de lestage

1 - C'est l'hiver qui arrive. Vous remplacez votre combinaison de 5mm (volume=6l) par une combinaison plus isolée de 7mm (volume=8l).
Devez vous modifier votre lestage ?
Si oui, comment ?
Réponse : il vous faut rajouter 2kg

2 - Vous êtes plongeur autonome P2 depuis plusieurs mois. Vous possédez votre propre équipement.
Heureux veinard, vous partez avec votre équipement pour un séjour en mer rouge.
Là bas, le bloc que l'on vous fournit est un 12l long en alu, il pèse 16kg, 4kg de moins que votre 12l court en acier.
Devez vous modifier votre lestage ?
Si oui, comment ?
Réponse : il vous faut rajouter 4kg

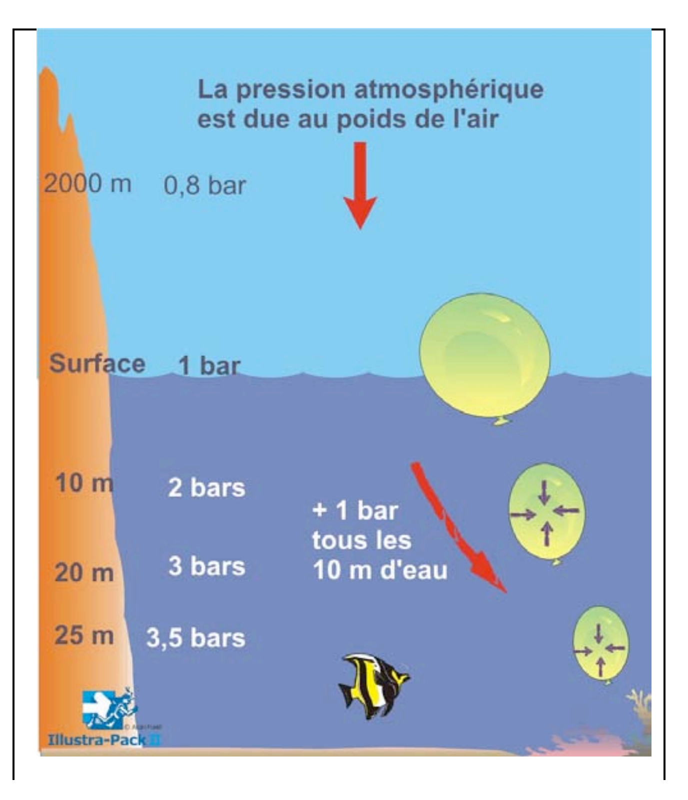
2 – Pression[2] (annexe 1) et profondeur

2.1 – Notion de pression

La pression est égale à la force divisée par la surface sur laquelle s'exerce cette force.

$$\text{pression} = \frac{\text{force}}{\text{surface}}$$

L'unité de pression en plongée est le **bar**. C'est la pression d'une force de 1 kg qui se répartit sur 1 cm^2.



2.2 – Pression absolue

Au niveau 1 vous avez vu que la pression est de 1 bar au niveau de la mer et qu'elle augmente d'environ 1 bar chaque fois que l'on s'enfonce de 10 m.

Pression absolue = pression atmosphérique + pression hydrostatique de l'eau

- <u>Pression atmosphérique</u> : c'est la pression qui est due à l'air situé au dessus de nos têtes. Au niveau de la mer, cette pression est d'environ ***1 bar***. Elle diminue avec l'altitude.

- <u>Pression hydrostatique</u> : c'est la pression qui est due à la hauteur d'eau située au dessus de vous. En ***bar***, elle est environ égale à la profondeur divisée par 10.

- <u>Pression absolue</u> : c'est la pression totale que nous subissons à une profondeur donnée. Elle est égale à la somme des deux précédentes.

Exemple 1 : Vous plongez en Méditerranée à une profondeur de 35m Quelle est la pression hydrostatique ? Quelle est la pression absolue ?

Exemple 2 : Vous plongez à une profondeur de 15m dans un lac de montagne situé à 2000m d'altitude. Quelle est la pression atmosphérique ? Quelle est la pression hydrostatique ? Quelle est la pression absolue ?

Réponses : 3,5bars, 4,5bars, 0,8bar, 1,5bar, 2,3bars.

2.3 – Compression de l'air - loi de Mariotte

Comme tous les gaz, l'air est compressible. Une même quantité de gaz a un volume différent suivant la pression.

Pour une quantité d'air donnée, le produit de la pression (absolue) par le volume reste constant.
(à la condition que la température soit constante)

pression absolue (bars) x volume (litres) = p x V = constante

Exemple 1 :

Soit un ballon de volume V_0 = 14l. L'air qu'il contient est à la pression atmosphérique : p_0 = 1 bar.

On immerge ce ballon à 10m, quel est alors son volume ?

Même question à 25m.

Réponses : 7l et 4l

Exemple 2 :

La capacité pulmonaire est le volume d'air que peuvent contenir nos poumons après une inspiration forcée. Elle est d'environ 4 litres.

Un plongeur se trouve à 20m de profondeur. Il touche par mégarde une rascasse. Fou de douleur, il est pris de panique et remonte à toute vitesse.

Quel est le volume qu'occuperont ces 4litres quand le plongeur aura atteint la surface ?

Quel aurait été votre comportement ?

Réponses : 12l. Etre équilibré correctement, ne rien toucher, faire attention où on pose la main, EXPIRER à la remontée.

2.4 – Capacité d'un bloc

La capacité d'un « bloc » (bouteille d'air comprimé) est le volume d'air à la pression atmosphérique qu'il contient.

Pression atmosphérique x capacité = pression dans le bloc x volume du bloc.

Comme la pression atmosphérique est généralement égale à 1bar ceci revient à :

capacité = pression dans le bloc x volume du bloc.

Exemples :

Quelle est la capacité d'un bloc de 12 l gonflé à 200 bars ?

Quel est le poids de l'air qu'il contient ?

Quelle est la capacité d'un bloc de 12 l gonflé à 230 bars ?

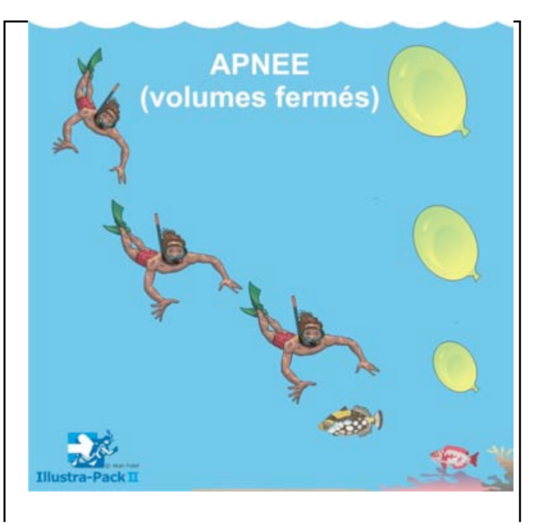
Quel est le poids de l'air qu'il contient ?

Quelle est la capacité d'un bloc de 15 l gonflé à 230 bars ?

Quel est le poids de l'air qu'il contient ?

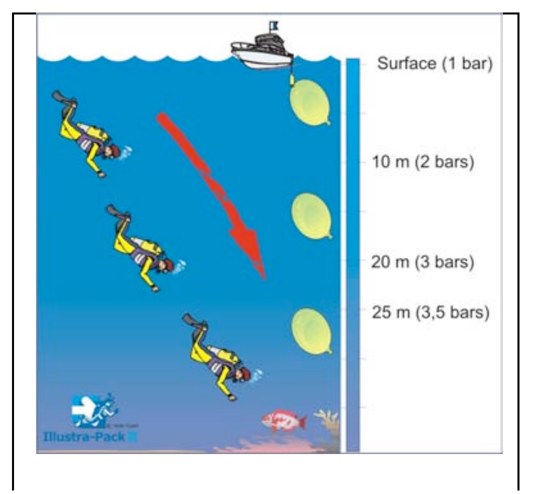
Réponses : 2,4m^3, 3,1kg ; 2,8m^3, 3,6kg ; 3,5m^3, 4,5kg

2.5 – Plongée en apnée



Un apnéiste « descend » avec sa réserve d'air. Le volume de l'air qu'il a emmagasiné dans ses poumons va diminuer pendant la descente et augmenter pendant la remontée.
Il n'y a aucun problème.
Par contre, il ne faut surtout pas donner de l'air à un apnéiste en plongée. Cet air va se dilater pendant la remontée (§2.3) et éventuellement provoquer des lésions graves.

2.6 – Plongée en scaphandre



En scaphandre, l'air que nous respirons est constamment à la pression ambiante : pression absolue.
A 10m, pour une durée donnée, nous consommons une masse d'air deux fois plus importante que celle que nous aurions consommée à la surface.
A 40m, 5 fois plus.
Cela a des conséquences :
- sur notre autonomie ;
- sur notre organisme (fatigue, narcose, dissolution des gaz,) ;
- sur les précautions à prendre en remontant.

- Surveiller sa consommation ;
- Remontée à vitesse préconisée en insistant sur l'expiration.

2.7 – Estimation de sa consommation

Estimer sa consommation va permettre de mieux planifier ses futures plongées.

La consommation est égale au volume d'air consommé par unité de temps. Exprimé, en général, en litre par minute.

Méthode :
- Calculer le volume d'air consommé ramené à la pression atmosphérique ;
- Ramener ce volume à la pression correspondant à la profondeur de la plongée ;
- Diviser ce volume par le temps de la plongée.

Exemple :
Une palanquée de trois plongeurs s'immerge à 20m. Ils décident de relever la pression dans leur bloc pour estimer leur consommation.
Pression dans le bloc de 15l de « A » : 210 bars ;
Pression dans le bloc de 12l de « B » : 190 bars ;
Pression dans le bloc de 12l de « C » : 180 bars.
Ils font une plongée d'exploration en restant pratiquement constamment à 20m.
Au bout de 20 min, ils relèvent de nouveau la pression dans les blocs.
Pression résiduelle dans le bloc de « A » : 150 bars ;
Pression résiduelle dans le bloc de « B » : 110 bars ;
Pression résiduelle dans le bloc de « C » : 80 bars.
Quelle est la consommation moyenne, en litres par min, de chaque plongeur durant cette plongée ?
Réponses : 15 l/min, 16l/min, 20l/min

2.8 – Calcul de l'autonomie en air

Pour planifier sa plongée, il est important de pouvoir estimer son autonomie en air compte tenu de sa consommation propre, de la capacité du bloc et de la profondeur envisagée.

L'autonomie en air est égale au temps, en minutes, pendant lequel on va pouvoir respirer sur son bloc à une profondeur donnée.

Méthode :
- Calculer le volume d'air que l'on peut consommer ramené à la pression atmosphérique.
- Ramener ce volume à la pression correspondant à la profondeur de la plongée.
- Diviser par la consommation moyenne.

Exemple :
Une équipe de deux plongeurs s'immerge pour une plongée prévue à 20 m.
Lors de plongées précédentes, chacun a pu estimer sa consommation :
- Le plongeur « A » dispose d'un bloc de 12l gonflé à 200 bars, il consomme en moyenne 15 l/min ;
- Le plongeur « B » dispose d'un bloc de 15l gonflé à 210 bars, il consomme en moyenne 20 l/min.
Le directeur de plongée exige de remonter sur le bateau avec 50 bars au minimum dans chaque bloc.
Quelle est la durée maximale de la plongée ?
Réponses : plongeur A : 40 min, plongeur B : 40 min

2.9 – Facteurs influant sur la consommation en air

- La profondeur

  La consommation est directement liée à la profondeur.
  Éviter les longs parcours inutiles au fond.

- Notre équipement

  La combinaison qui serre la cage thoracique et le détendeur nécessitent des efforts pour se ventiler.
  Le plongeur respire plutôt dans le haut des poumons et inspire plus d'air.
  Pour limiter ce phénomène il faut respirer lentement en insistant sur l'expiration.

- Les efforts

  Il faut être correctement lesté. Éviter les efforts inutiles, s'économiser.

- Le froid

  Le froid perturbe notre ventilation et augmente notre consommation.

- Le stress

  Le stress ou l'anxiété augmente notre consommation. Insister sur l'expiration.
  Phénomène d'autant plus présent que les conditions sont défavorables (mer agitée, eau trouble, courant...)

- La forme physique

  Une bonne hygiène de vie et un entraînement physique régulier diminuent notre consommation. Le manque de sommeil, l'alcool, le tabac, l'embonpoint ont l'effet inverse.

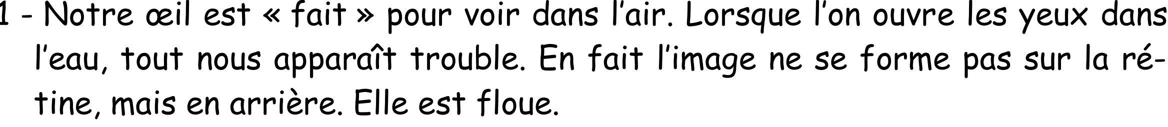
- Notre physiologie

  La consommation moyenne est propre à chaque individu. Certains consomment plus que d'autres, c'est physiologique.
  Il faut toutefois en tenir compte pour choisir le type de bouteille à utiliser (12 ou 15l).

3 – La vision et l'audition dans l'eau

3.1 – La vision

Sous l'eau la visibilité est très réduite, elle dépasse rarement 30 mètres. Quand l'eau est turbide, elle se réduit rapidement à quelques mètres.
Restez groupés.



1 - Notre œil est « fait » pour voir dans l'air. Lorsque l'on ouvre les yeux dans l'eau, tout nous apparaît trouble. En fait l'image ne se forme pas sur la rétine, mais en arrière. Elle est floue.

Pour voir correctement, il faut mettre un masque avec les inconvénients qui en découlent. En particulier, notre champ de vision est fortement réduit. Il faut tourner la tête pour regarder sur le côté, en bas, en haut. Pensez au tour d'horizon à l'approche de la surface.

2 – Les couleurs sont absorbées progressivement par l'eau et, sans lampe, le paysage sous marin apparaît uniformément bleu au delà de 20-30m.

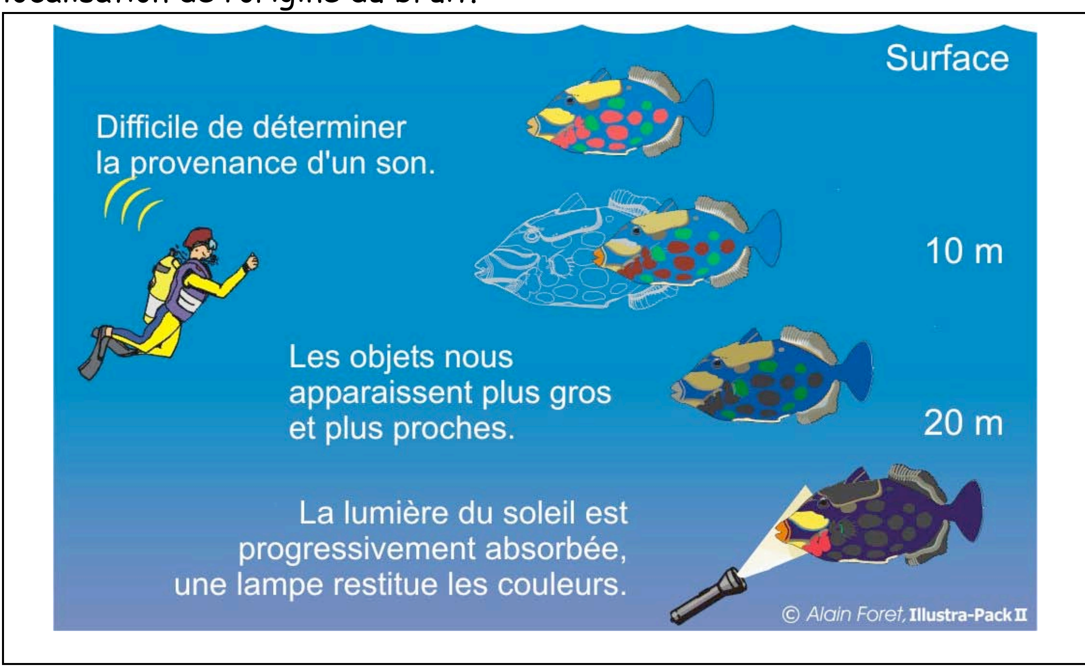
3 – Les objets apparaissent plus gros d'environ 33% et plus proche d'environ 25%. Un poisson de 30cm à 1m semble mesurer 40cm et à une distance évaluée à 75cm.

3.2 – Le son

Sous l'eau, le son se propage cinq fois plus rapidement que dans l'air.

Nous entendons très bien sous l'eau mais nous avons des difficultés à déterminer la provenance du son. Sur terre, nous localisons l'origine du bruit parce que le temps mis deux oreilles est différent.

Sous l'eau cette différence est beaucoup plus faible, d'où la difficulté de la localisation de l'origine du bruit.



ANNEXE

[1]Poids et masse

Un corps est constitué de matière qui occupe un certain volume. (Si ce volume est constant, on parlera de ***corps solide***)

Ce corps a une **masse** qui est exprimée en kilogramme (**kg**).
Exemple : un plomb de lestage a une masse de 1 ou 2kg

Le **poids** est une force (force de pesanteur) dirigée verticalement vers le bas. Le poids est exprimé en Newton (**N**).
Le poids d'un corps dépend de la masse de ce corps et de l'accélération de la pesanteur du lieu où on se trouve.
Poids = accélération de la pesanteur x masse
à Paris : Poids (N) = 9,81 x masse(kg)
Exemple : un plomb de masse 1kg a, sous la tour Effel, un poids de 9,81N. Il pèse 9,81N.

Une ancienne unité de force est le kilogramme-force (kgf) ou kilogramme-poids (kgp) qui est la force due à la gravité subie par une masse de 1kg située à Paris.
Exemple : le plomb de masse 1kg sous la tour Effel avait un poids de 1kgf.

On confond encore souvent poids et masse. En particulier en plongée, où les poids et forces seront exprimées en kilogramme (kg.)

[2] Pressions : atmosphérique, manométrique, absolue

- La pression

La pression, exprimée en Pascal (**Pa**), est égale à la force, exprimée en Newton (**N**), divisée par la surface, exprimée en mètre carré (**m²**), sur laquelle s'exerce cette force.
1 Pascal correspond à une pression près faible et on préfère utiliser une autre unité, le **bar**.
1 bar correspond à une pression de 100 000Pa. Ce qui correspond, à peu près, à la pression exercée par une masse de 1kg répartie sur une surface de 1cm².

$1\,\text{bar} = \frac{1\,\text{kgf}}{1\,\text{cm}?}$ = 1 kgf/cm², raccourci en 1 bar = 1 kg/cm²

- Pression atmosphérique

La pression atmosphérique, en un lieu, est due au poids de l'air au dessus de ce lieu. Au niveau de la mer, la pression **normale** est de 1013 hecto-Pascals (hPa) soit 1,013 bar.
Au niveau de la mer la pression atmosphérique est de **une atmosphère**, ce qui correspond à 1,013 bar, arrondi à 1 bar.

La pression atmosphérique, au niveau de la mer, sera prise égale à **1 bar**

- Pression hydrostatique

C'est la pression, à une profondeur donnée, due au poids de l'eau depuis la surface.
Un litre d'eau de mer a une masse de 1,024 kg. Une colonne d'eau de mer de 10m de haut et de 1cm² de section pèse exactement 10 N.
La pression hydrostatique à 10m de profondeur est donc de 10N/cm², ce qui correspond à 1 bar.

Dans l'eau douce, il faut une colonne d'eau de hauteur supérieure pour avoir la même pression : 10,2 m, que l'on arrondira aussi à 10 m.

pression hydrostatique(**bar**) = profondeur(**m**)/10

- Pression manométrique-pression absolue

La pression dans la bouteille de plongée est mesurée à l'aide d'un "manomètre" qui indique une pression **relative**.
Lorsque le manomètre indique "zéro", la bouteille n'est pas vide d'air. Elle contient 12 ou 15l d'air à la pression de référence qui est la pression atmosphérique (1 bar).
La pression **absolue** dans la bouteille est égale à la pression indiquée par le manomètre à laquelle on ajoute la pression de référence. Soit:
Pression absolue (**bars**) = pression manométrique (**bars**) + 1 (**bar**).

En pratique, la pression "manométrique" dans notre bouteille varie de 230 à 50 bars. La pression absolue varie donc de 231 à 51 bars. Si on ne tient pas compte de la pression de référence, on commet une erreur de 0,5 à 2 %.
Erreur tout à fait négligeable compte tenu du fait que les manomètres que nous utilisons ne sont pas des instruments de mesure mais des indicateurs de pression.
Un manomètre immergeable indique une pression de 10 en 10 bars.
Le manomètre de la rampe de gonflage indique une pression de 5 en 5 bars.

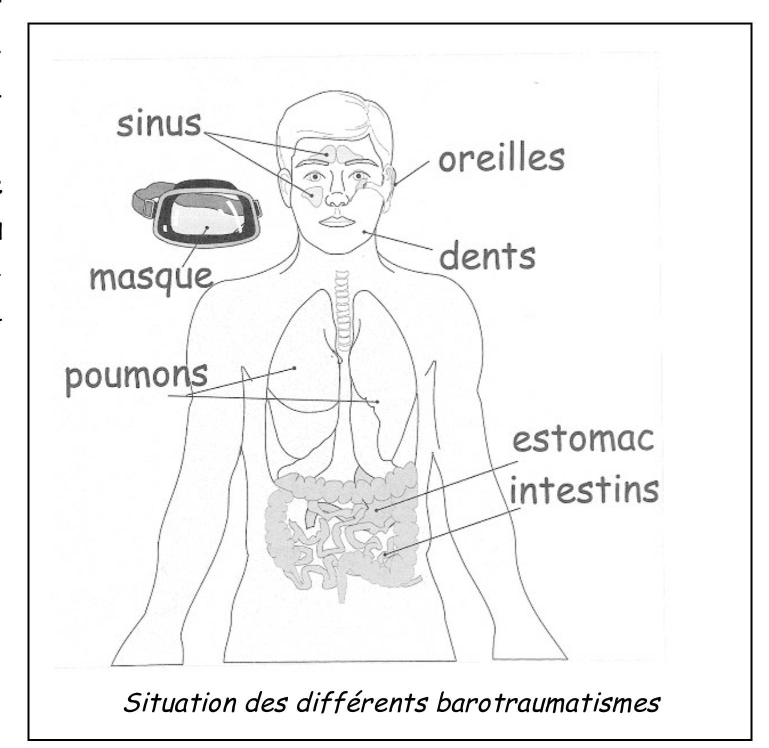
Dans tous les cas, les pressions indiquées seront considérées comme absolues.

PREVENTION DES BAROTRAUMATISMES

1 - Introduction

Le corps humain est constitué de solides (les os, les tissus), de liquides (le sang) et de cavités qui sont remplies naturellement de gaz (oreilles, sinus, poumons,…voir figure 1).
En plongée, nous subissons les variations de pression au cours de la descente et de la remontée. Ces variations de pression entraînent une variation de volume des gaz contenus dans les cavités internes du corps (loi de Mariotte).
Il est donc de toute première importance de compenser ces variations afin d'éviter toute différence de pression entre l'intérieur des cavités et la pression ambiante.
Si cette équipression n'est plus réalisée, il y a situation de traumatisme dont les symptômes et les effets varient selon la cavité considérée. On parle alors de barotraumatisme ; *traumatisme dû à la pression.*

Fort heureusement, il est facile d'y remédier en recréant l'équilibre des pressions.
Notre attention doit se porter sur six régions du corps qui peuvent être sujettes à un barotraumatisme :
- les oreilles (barotraumatisme le plus fréquent) ;
- les poumons (barotraumatisme le plus grave) ;
- les sinus ;
- les yeux ;
- les dents ;
- l'estomac et les intestins.



Situation des différents barotraumatismes

Dans tous les cas, soyez solidaire. En cas de problème de votre équipier, soyez vigilant et prêt à l'assister.

- Les sinus

Les sinus sont des cavités aériennes incompressibles tapissées d'une muqueuse très sensible. Ils sont en communication avec les fosses nasales.

Si les voies de communication entre les sinus et les fosses nasales sont obstruées, l'équilibre ne peut plus se faire.
Une douleur frontale ou maxillaire apparaît (de petits saignements du nez peuvent être constatés).

- Si la douleur se produit à la descente : remonter de quelques mètres, puis redescendre lentement. Au besoin retirer le masque et se moucher fortement. Si la douleur réapparaît, ne pas insister. Il faut remonter, la plongée est terminée ;
- si la douleur a lieu à la remontée : redescendre de quelques mètres puis reprendre sa remontée.

Ne jamais forcer. En cas de douleurs persistantes ou répétitives, consulter un ORL.

- *Le placage de masque*

C'est un incident mineur qui peut arriver à des plongeurs mal informés ou munis d'un masque trop serré.
La dépression produite dans le masque à la descente provoque un effet ventouse qui peut créer un œdème de la face (yeux, nez).
La prévention de cet accident est simple. Il suffit de souffler de l'air par le nez au cours de la descente afin de rétablir l'équipression du masque avec son environnement.

- *Les dents*

Pendant la plongée, de l'air peut pénétrer dans une dent cariée obturée par pansement ou amalgame de façon imparfaite. Il existe une petite bulle d'air sous l'obturation, au contact de la pulpe.
Cette bulle d'air doit être en équipression avec la cavité buccale. Dans le cas contraire, il y a dépression relative créant un barotraumatisme douloureux voire une destruction de la dent.

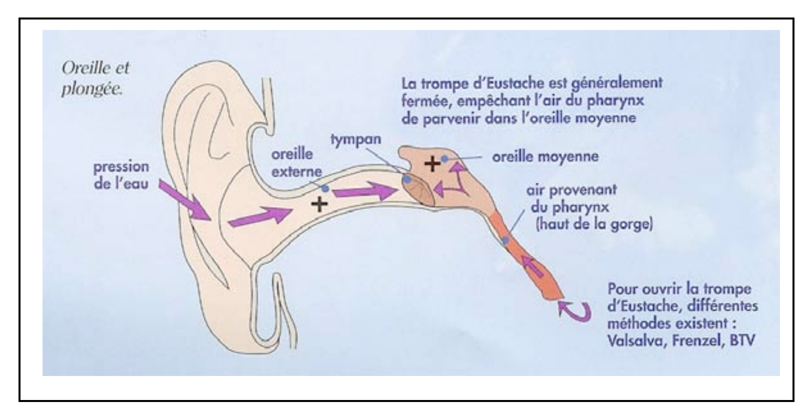
- Si la douleur à lieu à la descente : ne pas insister, il faut remonter ;
- si la douleur a lieu à la remontée : il faut remonter le plus lentement possible pour faciliter l'évacuation de l'air emprisonné dans la dent.

Il est conseillé de consulter régulièrement un dentiste et ne pas plonger en cas de douleurs dentaires.

- *Barotraumatismes de l'estomac et de l'intestin*

Les gaz provenant de la fermentation des aliments ou de l'air avalé se dilatent pendant la remontée. S'ils ne peuvent s'échapper par voie orale ou anale, les gaz provoquent de violentes douleurs abdominales pouvant entraîner une syncope.
Pour les éviter, il faut avoir une alimentation saine et notamment éviter les féculents et les boissons gazeuses avant la plongée.

2 – Oreilles et plongée



Les oreilles ont une double fonction, à la fois d'audition et d'équilibre. Ce sont des organes fragiles qu'il faut protéger.

L'augmentation de la pression lors de la descente provoque une déformation du tympan qui se tend et crée une gêne, puis une douleur pouvant aller jusqu'à la rupture du tympan dans les cas extrêmes.

Pour éviter cela, il suffit de pratiquer une manœuvre d'équilibrage.

Manœuvres d'équilibrage

Il faut savoir que les trompes d'Eustache s'ouvrent naturellement, en moyenne, toutes les deux minutes. Il suffit d'être patient et de descendre (ou remonter) doucement.

Sinon, pour assurer l'équilibrage des pressions dans l'oreille vous avez appris la manœuvre de Valsalva. Il existe d'autres manœuvres plus douces pour notre organisme.

Rappel de la manœuvre de Valsalva

Connue de tous les plongeurs, cette méthode, qui consiste à pincer son nez puis à souffler, est la plus simple. C'est aussi la plus risquée (risque de barotraumatisme de l'oreille interne : perte de l'audition).

Un bon Valsalva est non violent.

Déglutition

Pour certains individus aux trompes d'Eustache bien droites, une simple déglutition suffit à les ouvrir.

La manœuvre de Frenzel

Utilisée initialement par les pilotes de chasse, cette manœuvre consiste, nez pincé, à contracter la base de la langue puis à la refouler vers le haut et l'arrière du voile du palais pour amener l'air du pharynx vers la trompe d'Eustache, et faciliter ainsi son ouverture. Cette manœuvre est moins violente qu'un Valsalva, mais elle est aussi plus difficile à réaliser pour certaines personnes, en particulier avec un détendeur en bouche.

Béance Tubaire Volontaire (B. T. V.)

La B.T.V. consiste à plonger "trompes ouvertes", grâce au contrôle volontaire des muscles qui participent à leur ouverture, comme lors du bâillement par exemple. Cela élimine tout risque barotraumatique.

Toutes les manœuvres d'équilibrage des pressions doivent être effectuées avec douceur et anticipation.

Difficultés à la descente

En cas de difficultés à réaliser une manœuvre d'équipression, remonter de quelques dizaines de centimètres. Si les difficultés persistent, interrompre la plongée.

Difficultés à la remontée

Si la moindre douleur apparaît, ou en cas de vertige, redescendre de quelques mètres et remonter très lentement en déglutissant ou en réalisant la manœuvre de Toynbee.

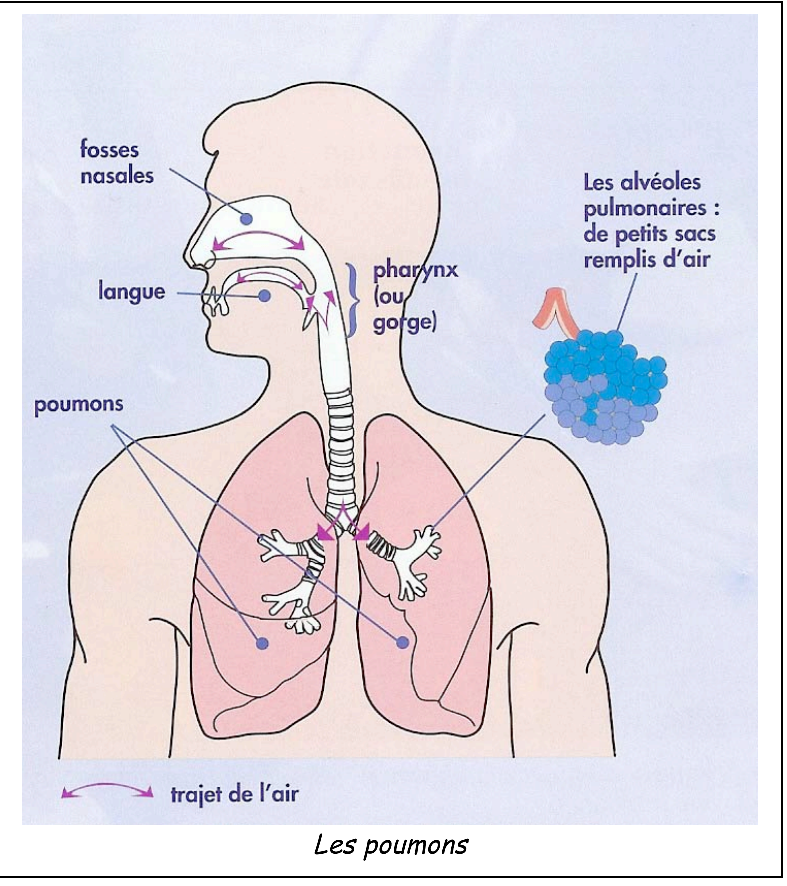
3 - La surpression pulmonaire

C'est l'accident le plus grave. Heureusement il est facile à éviter.

Les poumons sont constitués de petits sacs d'air : les alvéoles, qui se remplissent et se vident à chaque inspiration et expiration.

A la remontée, l'air contenu dans les alvéoles se dilate.

S'il ne peut pas s'échapper, il y risque de lésion des alvéoles. C'est la surpression pulmonaire.



Les poumons

Les causes possibles

- blocage volontaire ou involontaire de l'expiration ;
- panique (peur, anxiété, eau turbide, intrusion d'eau dans le masque, etc.) ;
- erreur de manipulation du gilet (remontée trop rapide) ;
- raisons physiologiques (asthme...) ;
- erreur de manœuvre telle qu'un Valsalva à la remontée ;
- essoufflement ;

- matériel mal réglé (détendeur dur à l'expiration).

Atteintes et conséquences

Lorsque la paroi alvéolaire se déchire, il y a communication entre l'air contenu dans les alvéoles pulmonaires et les capillaires sanguins.

L'air pénètre alors par effraction dans la circulation sanguine.

Généralement, l'accident se constate dès l'arrivée en surface ou dans les minutes qui suivent. Selon le degré de gravité, tout ou partie des signes suivants sont observés :

Symptômes neurologiques

C'est le cas le plus fréquent, avec passage de bulles d'air dans le circuit artériel et atteinte du cerveau. La victime est le plus souvent en état de choc : pouls rapide, pâleur ou teint violacé selon les cas, extrémités refroidies. Cela s'accompagne généralement de convulsions, de troubles de la parole et/ou de la vision, ainsi que de paralysies (hémiplégie, quadriplégie).

Ces symptômes sont très évolutifs.

Symptômes pulmonaires

L'air envahit la cavité pleurale (entre les feuillets de la plèvre), entraînant une désolidarisation de l'ensemble poumons-cage thoracique. La ventilation perd alors en efficacité, des troubles respiratoires importants apparaissent avec risques d'asphyxie.

Toux et crachats sanglants complètent le tableau.

Prévention

- Expirer en remontant (surtout dans les derniers mètres) ;
- lever la tête vers la surface pour dégager les voies aériennes supérieures ;
- ne jamais donner d'air à un plongeur en apnée.

Conduite à tenir

Il faut alerter les personnes assurant la sécurité en surface (signe de détresse). L'accidenté sera alors pris en charge par le Directeur de Plongée et les moniteurs présents qui mèneront les actions suivantes :

- *Déséquiper la victime* pour faciliter sa respiration ;

- *Allonger et réchauffer* ;

- *Administrer* de *l'oxygène* à 100 % : débit 15 l/min jusqu'à l'arrivée des secours ;

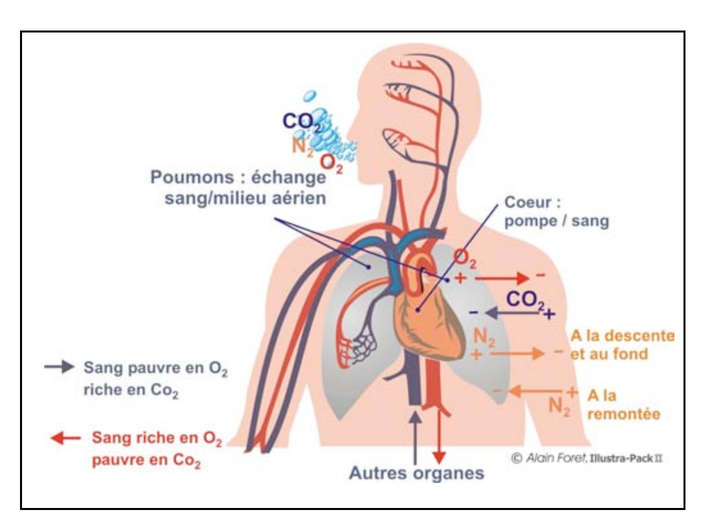
- *Alerter les secours* par un appel à la VHF (canal 16, CROSS) pour acheminer l'accidenté vers un hôpital au plus tôt ;

- Si la victime est en état d'absorber du liquide, lui *proposer* de *l'aspirine* (500 mg maximum pour un adulte) et l'*hydrater :* eau, jus de fruit.

PREVENTION DES ACCIDENTS (suite)

1 - Gérer la décompression

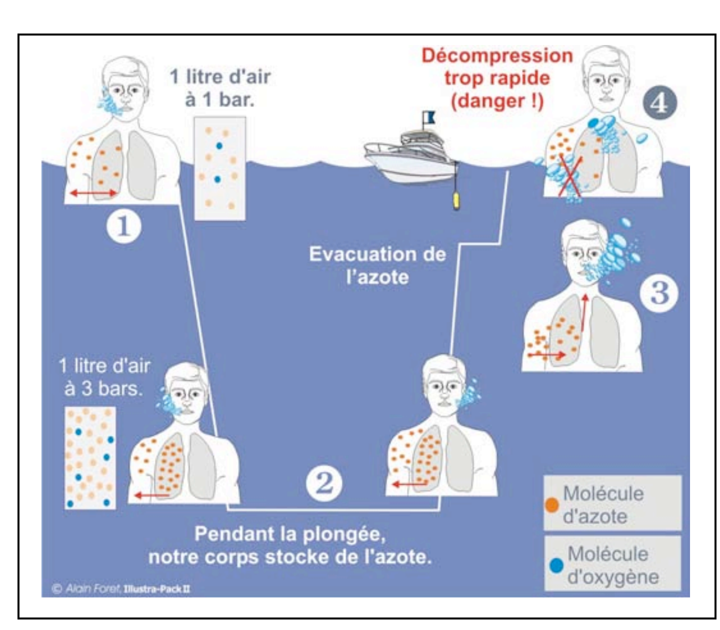
1.1 - Présentation



Notre corps est une formidable machine à échanger du gaz par l'intermédiaire de nos poumons et de notre sang, que le cœur propulse au travers de tout l'organisme.

Cet échange s'effectue toujours depuis la plus forte concentration vers la plus faible. Nos poumons amènent de l'oxygène (O_2) au sang qui le transporte aux cellules. En contrepartie, elles rejettent du gaz carbonique (CO_2), évacué lors de l'expiration, avec l'oxygène non consommé.

Si l'azote (N_2) intervient peu dans cet échange en surface, c'est différent en plongée, où nous respirons de l'air comprimé. Cela fait naître un déséquilibre entre la quantité d'azote dans l'air des poumons et la concentration en azote de notre sang. A chaque cycle respiratoire, une petite partie de cet azote passe vers notre organisme où il est stocké. Nous allons ainsi dissoudre de l'azote tout au long de notre plongée.



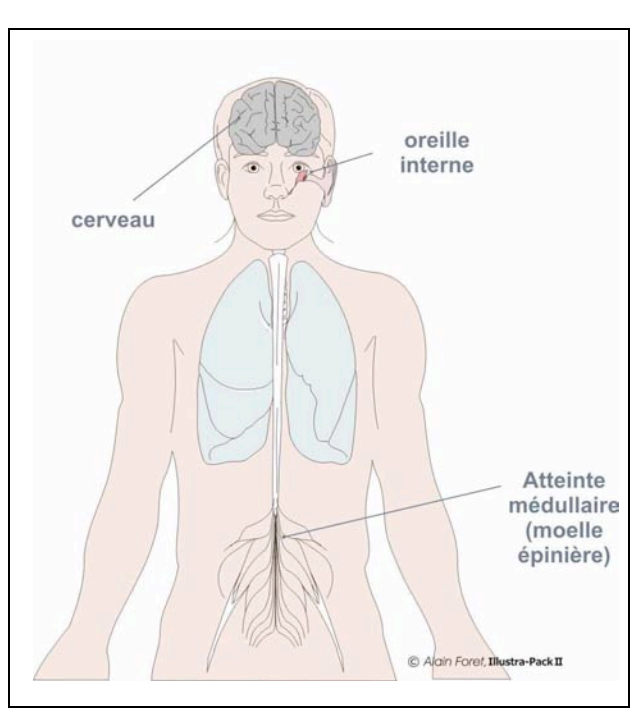
Lors de la remontée, le déséquilibre s'inverse. Notre sang contient plus d'azote que l'air des poumons et cet azote passe alors peu à peu dans les poumons où il est évacué par l'expiration, comme le CO_2. A partir d'une certaine quantité d'azote dissous (qui dépend principalement de la profondeur et du temps de plongée), il n'est plus possible de remonter directement en surface. Il faut faire des paliers pour que l'organisme ait le temps d'évacuer l'azote en ex-

cès. Dans tous les cas, une remontée lente s'impose. De retour en surface, l'élimination complète de l'azote stocké au cours d'une plongée s'effectue en 12 à 24 heures, parfois plus.

Cependant, si la remontée est trop rapide ou les paliers mal effectués, l'azote dissous risque de reprendre sa forme gazeuse directement dans le sang et les tissus (comme une bouteille de champagne ouverte brutalement), sans avoir le temps d'être évacué : c'est un risque majeur d'accident de décompression. Celui-ci peut se déclarer dans l'eau ou en surface (dans les minutes ou les heures qui suivent la plongée) avec des conséquences multiples.

1.2 - Des conséquences graves

Les accidents de décompression les plus fréquents sont ceux qui atteignent le système nerveux (cerveau, moelle épinière) ou l'oreille interne.



Ils sont dus à la présence de bulles d'azote dans différentes parties de notre corps, et les symptômes varient selon les zones atteintes : paralysie de certains membres, impossibilité d'uriner, troubles de la vision ou de la parole ou encore troubles de l'équilibre et nausées si l'oreille interne est atteinte (à ne pas confondre avec un simple mal de mer). Sachant que les cellules nerveuses ne se reconstituent pas une fois détruites et que leur durée de vie sans oxygène est très courte, les séquelles sont souvent irréversibles : l'urgence des secours est donc primordiale.

Dans certains cas, un accident de décompression peut aussi se manifester par une grande fatigue générale ou des démangeaisons. Il faut être vigilant et consulter immédiatement un médecin connaissant les risques de l'activité.

1.3 - En cas de suspicion d'un accident de décompression

La rapidité des secours est primordiale, ceux-ci doivent intervenir dans les minutes qui suivent l'accident. Il faut donc:

1. Assurer la surie des organes vitaux (cellules nerveuses) et pour cela mettre l'accidenté sous oxygène pur dans les secondes qui suivent la prise de conscience d'un risque d'accident de décompression. Ne jamais arrêter de

faire respirer cet oxygène pur, même si la personne se sent mieux.

2. Limiter le temps pendant lequel l'accidenté n'est pas suivi par une équipe médicale spécialisée et pour cela, appeler les secours (VHF, téléphone).

3. Essayer de limiter les conséquences de l'accident de décompression sur l'organisme, en particulier fluidifier le sang : faire boire l'accidenté pour le réhydrater (1 à 2 litres d'eau) et lui donner de l'aspirine (500 mg maximum), s'il n'est pas allergique et s'il est conscient.
Les membres de sa palanquée seront interrogés sur les circonstances de l'accident. Ils devront fournir tous les éléments nécessaires avec la plus grande sincérité, sans rien cacher : temps et profondeur de plongée, vitesse de remontée, événements survenus avant et pendant la plongée, etc.

Les secours prendront en charge l'accidenté ainsi qu'éventuellement les membres de sa palanquée, pour les diriger vers un centre de traitement disposant d'un caisson de recompression.

NE PAS INTERROMPRE LA PROCÉDURE

Tout cas suspect doit entraîner, sans délai, la mise en œuvre de la procédure d'urgence (oxygène, alerte).

1.4 - Prévention

Des règles de sécurité simples permettent d'éviter de tels accidents.

De manière générale

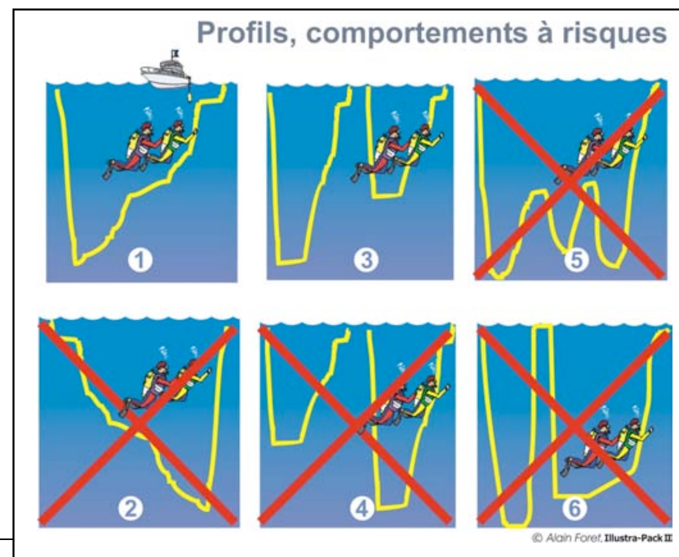
- Ayez toujours une réserve d'air vous permettant d'avoir une marge de sécurité: faites surface avec au moins 30 à 50 bars dans votre bouteille.
- Ne recherchez pas systématiquement la profondeur.

Avant la plongée

- Ne plongez pas en cas de fatigue (voyage éprouvant par exemple).
- Ne plongez pas en cas d'anxiété ou de nervosité extrême, cela peut favoriser l'apparition d'un accident de décompression.
- En cas de traitement médical, demandez à votre médecin si vous pouvez continuer à plonger.

Pendant la plongée

- La plus grande profondeur doit être atteinte en début de plongée.
- La deuxième plongée doit être moins profonde que la première.
- De multiples montées et descentes au cours d'une même plongée (Yo-Yo) sont



déconseillées.

En fin de plongée

- Respectez une vitesse de remontée lente et régulière correspondant à celle de vos tables de plongée ou de votre ordinateur.
- Respectez le temps et la profondeur des paliers. Ayez une bonne ventilation accompagnée d'un léger palmage de maintien, ne faites pas d'apnée. Si vous ne vous sentez pas à l'aise, ou en cas de facteurs particuliers (froid, essoufflement...), n'hésitez pas à accroître vos paliers. Soyez à l'écoute de votre corps.
- En cas d'essoufflement, de froid, d'effort ou de méforme physique, augmentez votre temps de palier. N'oubliez pas que tous ces facteurs modifient les conditions dans lesquelles l'azote est stocké par notre organisme. Il faut en tenir compte et prendre une marge de sécurité par rapport à ce que proposent les tables ou les ordinateurs de plongée.

Après la plongée

- Respectez un délai de 24 heures avant de prendre l'avion. Ils sont pressurisés à 0,8 bar, ce qui peut favoriser l'apparition d'un accident de décompression. De plus, il serait impossible de vous porter secours.
- Ne montez pas en altitude dans les heures qui suivent votre sortie de l'eau: la baisse de pression atmosphérique peut aussi entraîner un accident de décompression.
- Ne faites pas d'efforts violents après votre plongée.
- Attendez au minimum 6 heures avant de faire de l'apnée.

2 - Prévenir l'essoufflement

2.1 - Présentation

L'essoufflement survient quand la production de gaz carbonique par l'organisme, provoquée par un effort trop important, devient supérieure à la capacité de la respiration normale d'éliminer ce gaz toxique.

Si sur terre l'essoufflement est une situation désagréable qui ne présente qu'un risque très limité, sous l'eau il en va tout autrement. La sensation d'asphyxie ressentie par le plongeur victime d'un essoufflement peut le conduire à adopter un comportement contraire à sa sécurité.

- Panique :
  - expulsion du détendeur pour satisfaire le besoin oppressant de respirer, ce qui dans l'eau peut conduire à la noyade, panne d'air.
  - remontée rapide en surface avec le risque de surpression pulmonaire.
- Panne d'air :
  - Un plongeur essoufflé à une respiration inadaptée. Il pratique des inspirations courtes et fréquentes, sans prendre le temps d'expirer profondément. Cela se traduit par une consommation d'air excessive qui

peut amener à une panne d'air avec le risque de noyade ou d'accident de décompression (non respect des paliers).

2.2 - Conduite à tenir

Gérer son essoufflement

- **Avertir** les membres de sa palanquée par le signe « je suis essoufflé » ;
- **arrêter** immédiatement tout effort ;
- se **forcer** à expirer à fond pour éliminer le gaz carbonique en excès ;
- se faire **remonter** lentement par un équipier.

Réagir face à un plongeur essoufflé

Confronté à un plongeur essoufflé, vous devez immédiatement lui porter assistance :

- **Calmer** : saisissez le et calmez le pour éviter la panique ;
- **récupérer** : vérifiez qu'il cesse tout effort. Faites lui signe de bien expirer. Vérifiez sa quantité d'air disponible ;
- **remonter lentement** : remontez le lentement à l'aide des gilets, pour éviter les efforts dus au palmage. Arrêtez la plongée, l'essoufflement pourrait s'aggraver quelques minutes plus tard ;
- Arrivés en surface, **évitez lui tout effort**. Aidez le à rejoindre le bateau ou le rivage.

2.3 - Prévention

Quelques conseils pour éviter l'essoufflement.

- Ne pas s'immerger si on est déjà essoufflé en surface. Attendez quelques minutes d'avoir récupéré ;
- dans le cadre d'une plongée en autonomie, de débuter la plongée contre le courant afin de revenir avec le courant ;
- éviter les efforts importants pendant la plongée ;
- respirer calmement en insistant sur l'expiration. (Si après la plongée, vous avez mal au crâne, c'est vraisemblablement que vous avez mal éliminé le gaz carbonique produit par votre organisme) ;
- ne pas plonger quand on manque de sommeil, ou après un repas copieux et arrosé ;
- après une petite période d'interruption, faites des plongées de réadaptation par petit fonds et dans des conditions idéales ;
- se maintenir en bonne forme physique ;
- plonger avec du matériel performant et en bon état.

3 - Éviter la narcose

3.1 - Présentation

La narcose est un trouble du système nerveux provoqué par l'azote contenu dans l'air lorsqu'il est respiré à pression élevée.
Ce trouble survient à partir de 30 mètres pour les plongeurs les plus sensibles et il atteint tous les plongeurs au-delà de 60 mètres (limite réglementaire de la plongée à l'air en France). La sensibilité à la narcose varie d'un individu à l'autre, mais elle varie également pour un même individu d'un jour à l'autre. En particulier, la fatigue, le stress, le froid, la turbidité de l'eau et le manque d'accoutumance augmentent la sensibilité.



3.2 - Conséquences

La narcose se manifeste par une sensation proche de celle que provoque l'ivresse (diminution des réflexes, altération du raisonnement, diminution de la concentration), mais également par d'autres symptômes tels que rétrécissement du champ de vision, dialogue intérieur, troubles auditifs.

3.3 - Conduite à tenir

En cas de trouble, votre guide de palanquée vous fera remonter de quelques mètres. Les symptômes disparaissent d'eux-mêmes.

3.4 - Prévention

Afin de prévenir la narcose, il convient de :

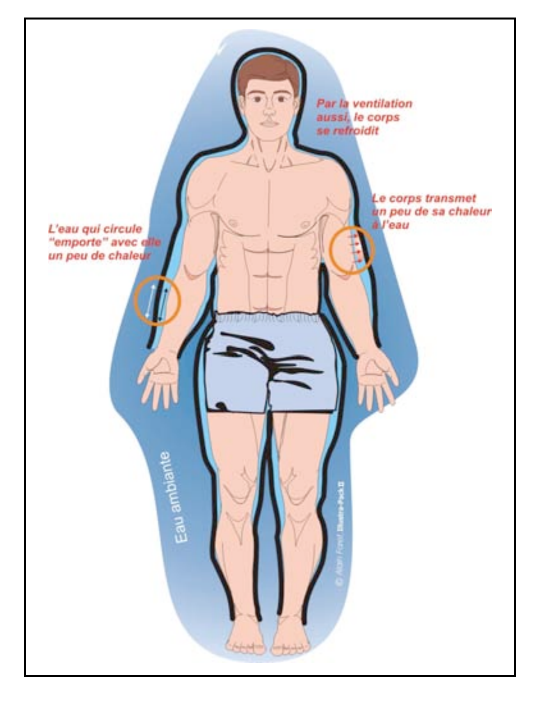
- plonger avec un encadrement qualifié ;
- ne pas plonger en cas de fatigue physique ou nerveuse ;
- après quelques semaines d'interruption, faire des plongées de réadaptation ;
- ne pas plonger au-delà de 30 mètres en cas de fatigue physique ou nerveuse ;
- ne pas descendre trop rapidement et, à partir de 30m, descendre tête en haut ;
- ne pas rechercher le record de profondeur
- en cas de prise de médicaments, demander l'avis d'un médecin connaissant l'activité.

4 - Se protéger du froid

L'homme est un animal à sang chaud qui doit maintenir la température interne de son corps à environ 37°C. Pour qu'il n'y ait aucune déperdition de chaleur dans l'eau, il faudrait que celle-ci soit à 33°C.

Ce n'est jamais le cas, et même dans les eaux chaudes, nous nous refroidissons, puisque l'eau absorbe notre chaleur.

Pour limiter ce phénomène, nous utilisons des combinaisons de plongée. Mais cela n'est parfois pas suffisant et nous ressentons alors les premiers effets du froid. Notre consommation d'air augmente, et nos extrémités se refroidissent. Si le froid persiste, chair de poule, frissons et crampes apparaissent. Enfin, si tous ces mécanismes de régulation thermique ne suffisent pas, la température interne de notre corps va commencer à baisser, jusqu'à la perte de conscience dans les cas extrêmes.



Avant la plongée

- bien se couvrir afin de ne pas se mettre à l'eau en ayant déjà froid ;
- s'alimenter correctement (sucres lents : pâtes, pain, …) ;
- être bien reposé (la fatigue augmente la sensibilité au froid) ;
- choisir correctement sa combinaison, mettre des gants, une cagoule.

Pendant la plongée

- limiter le temps de plongée ;
- prévenir suffisamment tôt les membres de votre palanquée et remonter ;
- faire un palier de sécurité ou majorer vos paliers de décompression (Le froid est un facteur favorisant l'accident de décompression).

Après la plongée

- bien se couvrir ;
- prendre une boisson chaude, mais pas d'alcool (l'alcool donne l'impression d'un réchauffement immédiat, mais favorise le refroidissement ultérieur).

5 – Prévenir la noyade

La noyade est une inhalation et/ou une ingestion d'une quantité plus ou moins importante d'eau. Elle provoque un état de choc et une détresse ventilatoire qui peut aller jusqu'à la syncope. Le plongeur y est exposé lorsqu'il évolue en immersion (essoufflement, narcose, défaillance du matériel, situation de stress intense,…), mais également en surface (fatigue, mer formée).

Conduite à tenir

La rapidité d'intervention est primordiale.

- Remonter l'accidenté en surface à la vitesse normale de remontée ;
- le maintenir en surface en gonflant son gilet et lui maintenir les voies aériennes hors de l'eau pour éviter qu'il n'inhale de l'eau ;
- donner l'alerte.

Prévention

- entretenir sa forme physique et sa technique de nage ;
- ne pas prendre le soleil immédiatement avant de se mettre à l'eau (risque de choc thermo-différentiel) ;
- en surface, garder le détendeur en bouche ;
- lorsque la mer est agitée, s'immerger rapidement ;
- utiliser du matériel en bon état (révisé régulièrement) ;
- rester groupés sous l'eau ;
- ne pas rechercher "l'exploit" ou la performance.

6 – Éviter l'hyperoxie

Il s'agit de l'effet toxique de l'oxygène sur l'organisme lorsqu'il est respiré longtemps sous une pression excessive.

Le plongeur à l'air est peu concerné par ce problème qui intéresse essentiellement les plongeurs utilisant des mélanges, en particulier le nitrox qui est un air enrichi en oxygène.

Pour information :

Si l'on respire de l'oxygène pur, la plongée est limitée à 6 m;

Si l'on respire de l'air « normal », la plongée est limitée à 65 m.

L'utilisation de mélanges en plongée nécessite une formation et une qualification spécifiques et ne doit en aucun cas être improvisée.

7 - Prévenir la panne d'air

On a vu dans les cours précédents que la consommation d'air augmente avec la profondeur. Ainsi, à 40 mètres (profondeur accessible à un niveau 2 encadré), la consommation est 5 fois plus élevée qu'en surface. Cette profondeur ne sera donc accessible qu'à la condition de savoir bien gérer son stock d'air et d'avoir une consommation raisonnable.

Il ne sert à rien d'aller à 40 mètres si la plongée doit être écourtée au bout de 5 minutes pour éviter la panne d'air. (L'obtention du niveau 2 n'ouvre pas un droit automatique à la profondeur).

Quelques conseils pour une bonne gestion du stock d'air.

Avant la plongée

- une bonne hygiène de vie est souhaitable : l'alcool, la consommation régulière de tabac, l'embonpoint, le manque de sommeil influent directement sur la consommation d'air ;

- entretenez votre forme physique : un entraînement hebdomadaire en piscine semble être un minimum raisonnable ;
- entraînez-vous à prendre conscience de votre ventilation, recherchez une ventilation calme et essayez de reproduire le même rythme sous l'eau.

En surface

- pour gagner le point d'immersion, adoptez un palmage dorsal, gilet à demi gonflé, détendeur en main. (la ventilation est plus aisée qu'en palmage ventral et on ne consomme pas le stock d'air de la bouteille) ;
- forcez sur l'expiration afin d'éviter un essoufflement ;
- assurez-vous que vous avez récupéré avant de vous immerger, ne vous immergez jamais avec une ventilation haletante, n'hésitez pas à prévenir vos coéquipiers si nécessaire ;
- assurez-vous que vous avez bien purgé tout l'air du gilet au moment de l'immersion. (si l'on doit se battre pour s'immerger, on surconsomme et on risque un essoufflement) ;
- ne luttez pas dans le courant s'il y en a : déhalez-vous sur le mouillage.

Pendant la plongée

- ne cherchez jamais à économiser votre air en retenant votre respiration, vous risqueriez en procédant de la sorte une augmentation du CO_2 dans l'organisme, génératrice de maux de tête et favorisant le déclenchement d'un accident de décompression ;
- ventilez calmement en insistant sur l'expiration (de courtes apnées expiratoires permettent de contrôler et de prévenir l'essoufflement) ;
- supprimez les mouvements inutiles (notamment des bras), ne soyez pas agité, essayez d'être le plus fluide possible ;
- veillez à être bien équilibré : il faut à tout moment pouvoir maintenir son niveau d'immersion à l'aide de sa ventilation, sans palmage de sustentation ;
- ne vous sur lestez pas. A 10 mètres, vous devez pouvoir vous équilibrer grâce à votre ventilation, gilet vide et sans palmer. Diminuez votre lestage jusqu'à y parvenir ;
- surveillez régulièrement votre manomètre (sans tomber dans l'obsession) et prévenez les membres de la palanquée lorsque vous atteignez 100 bars (ou autre valeur convenue par avance) par le signe demi-bouteille.

Au palier

- la plongée est presque finie, vous êtes à faible profondeur, votre consommation est faible, il reste environ 50 bars dans la bouteille. On se ventile sans aucune retenue, même plutôt plus que nécessaire afin de bien éliminer l'azote accumulé.

LES PROCEDURES DE DECOMPRESSION

1 – Présentation

1.1 – Rappel (voir cours 4)

Pendant toute la plongée, notre organisme va stocker de l'azote, il est sous saturé en azote.

Le corps est composé de différents tissus (sang, muscles, système nerveux, os…) qui vont se saturer à des rythmes différents : de quelques minutes à plusieurs heures.

A la remontée, l'organisme va se désaturer en évacuant l'excédent d'azote contenu dans les tissus, il est sursaturé en azote.

Cette désaturation se fait par l'intermédiaire du sang qui véhicule l'azote dissous jusqu'au poumons ou il est évacué par la respiration.

Si la remontée est trop rapide, l'azote passe sous forme gazeuse et ne sera pas éliminé par les poumons. Les conséquences peuvent être très graves.

Les tables et les ordinateurs de plongée ont pour objectif d'éviter ces accidents.

1.2 – Petit historique

- C'est le physiologiste Paul Bert qui, à la fin du XIXème siècle, a mis en évidence le rôle de l'azote et préconisé de remonter lentement.

- Les premières tables de plongée ont été proposées par Haldane en 1908. Le concept de ces tables est encore utilisé aujourd'hui, y compris dans des ordinateurs de plongée.

- Apres la seconde guerre mondiale apparaissent de nombreuses tables :

USA : US Navy, PADI, NAUI, SSI) ;

Angleterre : BSAC

Suisse : Tables Bülmann, utilisées comme modèle de référence de nombreux ordinateurs ;

Allemagne : Hahn ;

2 – Les Tables MN90

2.1 – Pourquoi les tables MN90 ?

L'article 10 de l'arrêté du 22 juin 1998 précise : " Les plongeurs évoluant en autonomie…..sont équipés….des moyens de contrôler personnellement les caractéristiques … de la remontée de leur palanquée ".

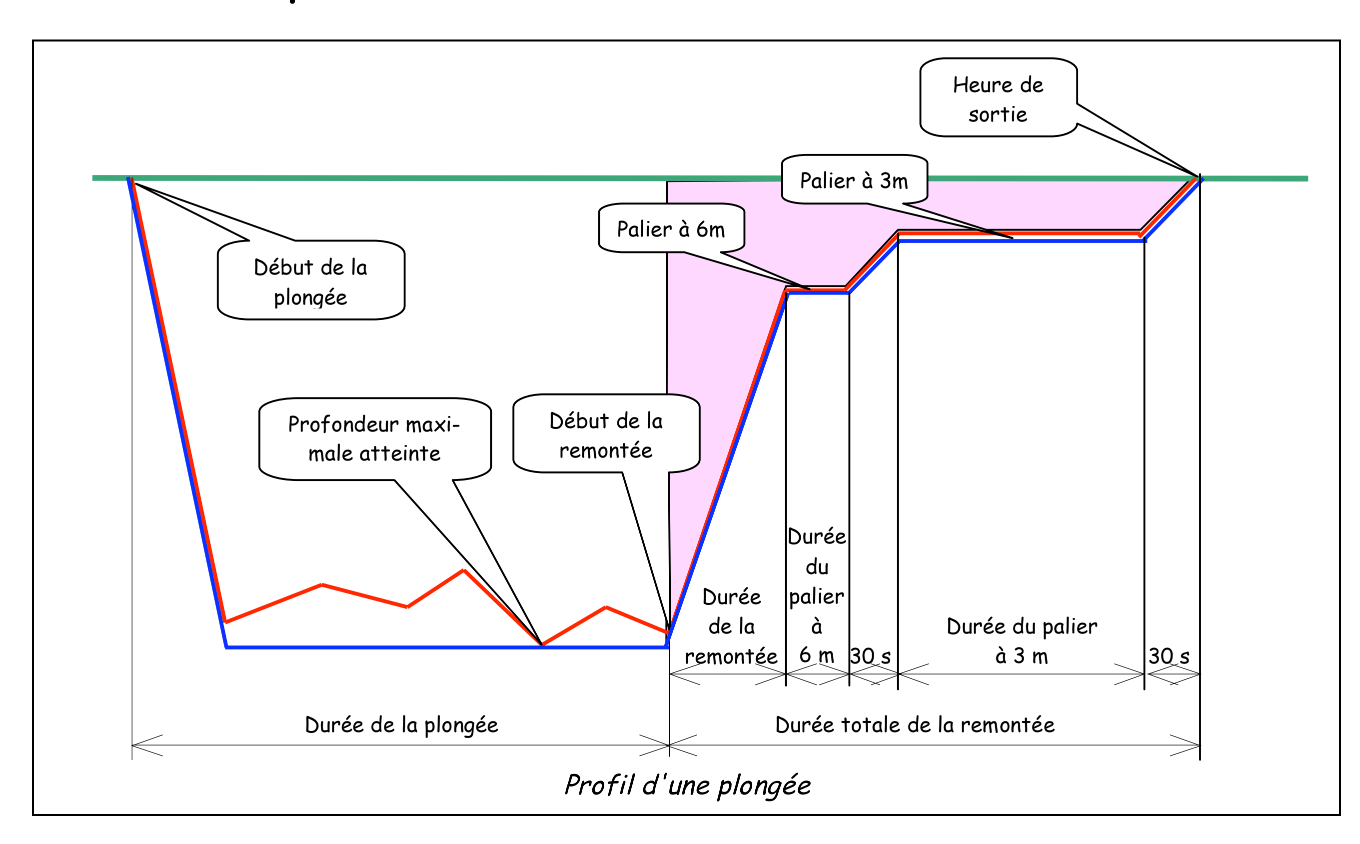
Chacun peut donc choisir sa procédure de décompression.

Par contre, afin d'harmoniser les examens théoriques, la FFESSM impose d'utiliser les tables MN90.

2.2 – Conditions d'utilisation des tables MN90

- Plongée en scaphandre à l'air ;
- plongée au niveau de la mer ;
- effort physique modéré ;
- profondeur maximum : 60 m ;
- vitesse de remontée de 15 à 17 m/min jusqu'au premier palier puis passage d'un palier à l'autre en 30 s ;
- deux plongées au maximum par 24 heures.

2.3 – Description des tables MN90



Profil d'une plongée

Prof.	Durée	6 m	3 m	DTR	GPS
40 m	20 min	1	9	14	H

Prof.

C'est la profondeur maximale atteinte au cours de la plongée. Si cette profondeur n'apparaît pas dans les tables, prendre la valeur immédiatement supérieure.

Durée

C'est la durée de la plongée qui commence au début de l'immersion (canard ou coulée expiratoire) jusqu'au moment où on décide de remonter à la vitesse de 15 à 17 m/min. Si cette durée n'apparaît pas dans les tables, prendre la valeur immédiatement supérieure.

6 m, 3 m

C'est la profondeur des différents paliers.

Si la case est vide, pas d'arrêt, sinon arrêt obligatoire pendant la durée indiquée en minute(s) dans la case. *Ici 1 min à 6 m et 9 min à 3 m.*

Ne pas prolonger la durée des paliers (sauf celui à 3 m) car certains tissus peuvent continuer à se saturer.

DTR

C'est la Durée Totale de la Remontée. Elle permet de déterminer l'heure de sortie théorique.

Elle se détermine en additionnant :

- le durée de remontée jusqu'au premier palier (15 m/min) ;
- la durée de chaque palier ;
- la(les) durée(s) de remontée(s) entre chaque palier (30s par palier) et le temps de remontée du palier à 3 m jusqu'à la surface (30s).

Dans notre exemple :

- *Temps de remontée de 40 à 6 m : (40-6)/15 = 2,3 min arrondi à 3 minutes*
- *Durée des paliers : 1 + 9 = 10 minutes*
- *Durée de remontée entre 6 m et 3 m : 30 secondes et durée de remontée de 3 m à la surface : 30 secondes*
- *Durée Totale de la Remontée : 3 min + 10 min + 30 s + 30 s = 14 minutes*

GPS

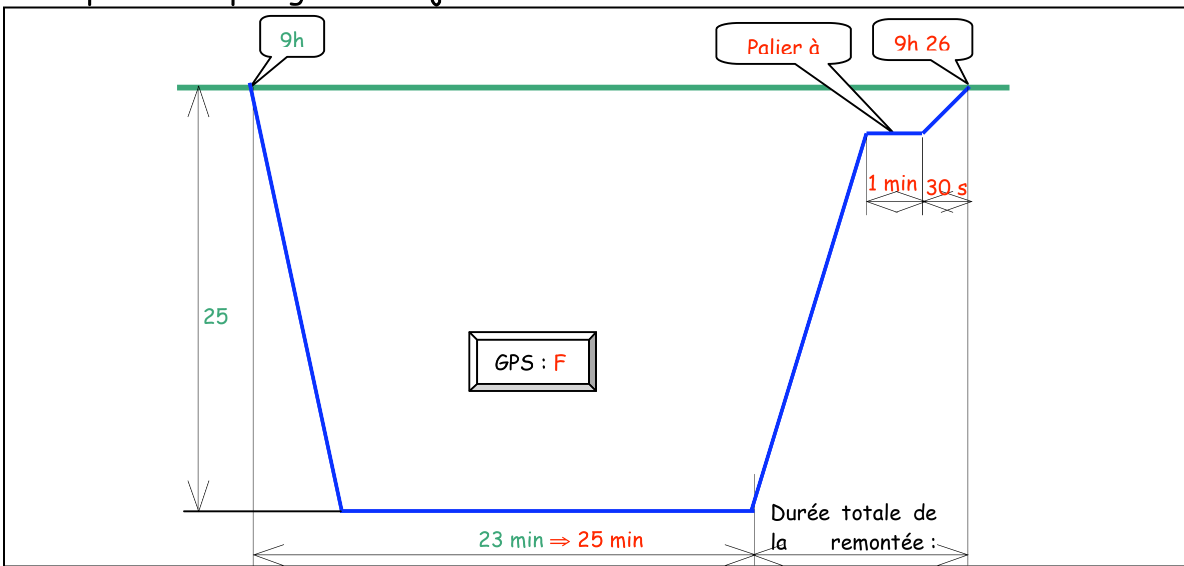
C'est le Groupe de Plongées Successives (de A à P) qui permet de calculer la décompression de la deuxième plongée éventuelle.

3 – Les procédures de décompression

3.1 – Plongée simple

Une plongée simple est soit :

- la première plongée de la journée ;



Plongée simple

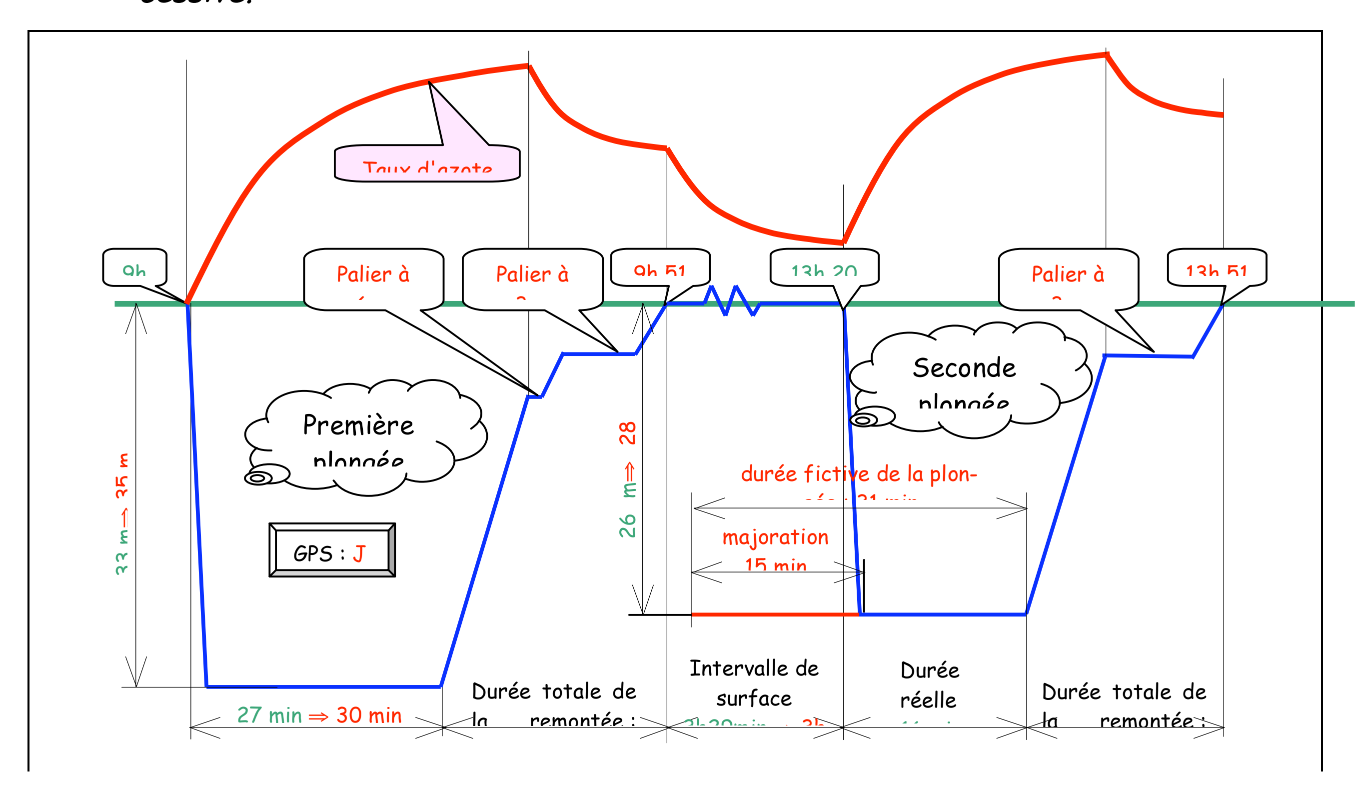
- la seule plongée de la journée ;
- une plongée séparée d'une autre plongée par un intervalle de plus de 12 h.

Exemple : Une palanquée s'immerge à 9 heures sur un fond de 25 m pendant 23 minutes. Déterminer les paliers éventuels, la durée totale de la remontée, l'heure de sortie et le groupe de plongée successive.

Résolution :
Paramètres à prendre en compte dans les tables :
Prof.: 25 m
Durée : 25 min, durée immédiatement supérieure à 23 min.
On trouve : 1 palier de 1 minute à 3 mètres, DTR = 3 min, heure de sortie = 9h 26, GPS = F.

Exercices :

- 1 : Une palanquée s'immerge à 9h 15 à une profondeur de 32 mètres pour une durée de 33 minutes.
  Faire un graphique de la plongée faisant apparaître : les paliers éventuels, la durée totale de la remontée, l'heure de sortie et le groupe de plongée successive.
- 2 : Une palanquée s'immerge à 11h 23 à une profondeur de 26 mètres pour une durée de 45 minutes.
  Faire un graphique de la plongée faisant apparaître : les paliers éventuels, la durée totale de la remontée, l'heure de sortie et le groupe de plongée successive.



Réponses :
- 1 : 22 min à 3 m, DTR = 25 min, HS = 10h 13, GPS : K.
- 2 : 25 min à 3 m, DTR = 28 min, HS = 12h 36, GPS : K.

3.2 – Deuxième plongée dans la journée : Plongée successive

Une plongée successive est une plongée qui suit une première plongée après un intervalle de surface compris entre 15 min et 12 heures.

Remarques :
- Si l'intervalle de surface est inférieur à 15 min, il s'agit d'une plongée **consécutive** (§4.1)
- Si l'intervalle de surface est supérieur à 12 heures, il s'agit d'une plongée simple (§3.1)

Exemple : Une palanquée s'immerge à 9 heures sur un fond de 33 m pendant 27 minutes. Déterminer les paliers éventuels, la durée totale de la remontée, l'heure de sortie et le groupe de plongée successive.

Résolution :
Paramètres à prendre en compte dans les tables :
Profondeur réelle 33 m ⇒ Prof. immédiatement supérieure : 35 m
Durée : 27 min ⇒ durée immédiatement supérieure : 30 min.
On trouve : 1 palier de 1 minute à 6 mètres, 1 palier de 20 minutes à 3 mètres, DTR = 24 min, heure de sortie = 9h 51, GPS = J.

Pendant la plongée l'organisme a stocké de l'azote. Pendant la remontée, une partie de cet azote a été évacué. En surface, cet azote en excès va continuer à s'évacuer lentement. On considère qu'un intervalle de 12 heures est suffisant pour éliminer totalement cet azote en excès.
Si le plongeur se ré immerge avant ces 12 heures, il va falloir tenir compte de l'azote résiduel.
*Le **tableau I** permet de déterminer cet azote résiduel. Il faut connaître l'intervalle de surface et le groupe de plongée successive.*
Si la durée de l'intervalle n'est pas dans le tableau, prendre la durée immédiatement inférieure. Il faut tenir compte de cet azote résiduel et déterminer une **majoration** pour la deuxième plongée.
Cette majoration est à ajouter à la durée de la seconde plongée afin de déterminer les paliers de la seconde plongée.

Remarque :
La majoration correspond au temps qu'il aurait fallu rester à la profondeur de la deuxième plongée pour aboutir au taux d'azote résiduel.

*Le **tableau II** permet de déterminer cette majoration en minutes. Il faut connaître le taux d'azote résiduel et la profondeur de la deuxième plongée.*
Si le taux d'azote résiduel n'est pas dans le tableau, prendre la valeur immédiatement supérieure.
Si la profondeur de la deuxième plongée n'est pas dans le tableau, prendre la valeur immédiatement supérieure.

Suite de l'exemple : Cette même palanquée s'immerge à nouveau à 13h 20 sur un fond de 26 m pendant 16 minutes. Déterminer le taux d'azote résiduel, la majoration, les paliers éventuels, la durée totale de la remontée, l'heure de sortie.

Résolution :

- Calcul du taux d'azote résiduel
Paramètres à prendre en compte dans le tableau I :
Groupe de plongée successive : J ;
Intervalle de surface réel : 3h 29 min ⇒ durée immédiatement inférieure : 3 h.
*Le taux d'azote résiduel est de 0,96. (**rappel** : taux normal = 0,81)*

- Calcul de la majoration
Paramètres à prendre en compte dans le tableau II :
Azote résiduel : 0,96 ⇒ valeur immédiatement supérieure : 0,99 ;
Profondeur réelle : 26 m ⇒ profondeur immédiatement supérieure : 28 m.
La majoration est de 15 minutes.

- Calcul des paliers de la seconde plongée
Paramètres à prendre en compte dans les tables :
Profondeur réelle 26 m ⇒ Prof. immédiatement supérieure : 28 m
Durée réelle : 16 min, majoration : 15 min ⇒ durée fictive : 31 ⇒ durée immédiatement supérieure : 35 min.

- Détermination de l'heure de sortie
La table nous donne DTR= 15 min.
L'heure de sortie se détermine en ajoutant à l'heure d'immersion la durée réelle de la plongée et la durée totale de la remontée.
Soit 13h20 + 16 min + 15 min = 13h51.

Ne pas tenir compte de la majoration dans le calcul de l'heure de sortie.

Profondeur réelle inférieure à celle prévue :
Si, au cours de la plongée successive, la profondeur maximale atteinte est inférieure à celle prise en compte pour le calcul de la majoration, il faut conserver la majoration calculée. Les calculs se font avec la **profondeur prévue**.
(Si la durée effective de la plongée est la même, les paliers restent identiques)

Profondeur réelle supérieure à celle prévue :
Si, au cours de la plongée successive, la profondeur maximale atteinte est supérieure à celle prise en compte pour le calcul de la majoration, il faut conserver la majoration calculée. Il faut **recalculer** les paliers avec **profondeur maximale atteinte réellement**.

Exercices :

- 3 : Deux plongeurs s'immergent à 8h 15 à une profondeur de 18 mètres. A 9h05, ils décident de remonter.
  Ils replongent 2h10 plus tard en se limitant à 25 min à 18m.
  Faire un graphique de la plongée faisant apparaître : les paliers éventuels, la durée totale de la remontée, l'heure de sortie et le groupe de plongée successive.

- 4 : Une palanquée s'immerge à 11h 23 à une profondeur de 26 mètres pour une durée de 45 minutes.
  A 15h 20, deuxième plongée sur le même fond.
  Quelle sera la durée maximale de la seconde plongée si on limite les paliers de celle-ci à 25 min ?
  Faire un graphique de la plongée faisant apparaître : les paliers éventuels, la durée totale de la remontée, l'heure de sortie et le groupe de plongée successive.

Réponses :
- 3
  plongée n°1 : pas de palier, DTR = 2 min, HS = 9h07, GPS : H
  plongée n°2 : majoration = 24 min, pas de palier, DTR = 2 min

- 4 : 26 min

4 – Les procédures particulières

4.1 – Plongée consécutive

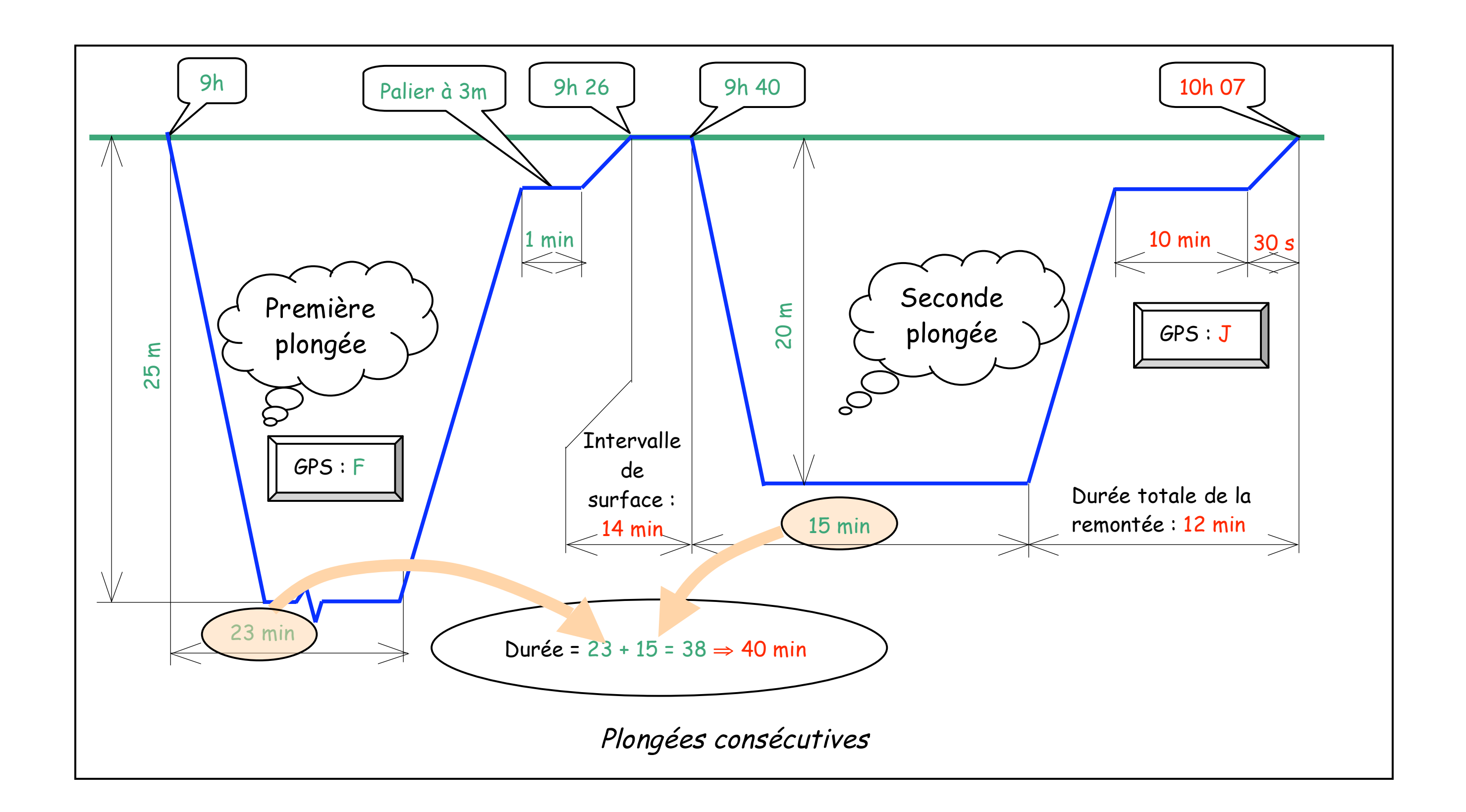
Une plongée consécutive est une plongée qui suit une première plongée après un intervalle de surface inférieur à 15 min.

Pour déterminer les paliers de cette seconde plongée les paramètres à prendre en compte sont :
- la **profondeur maximale** atteinte au cours des **deux** plongées ;
- la **somme** des durées des **deux** plongées.

Exemple : Si l'on reprend l'exemple du §3.1. Une palanquée s'immerge à 9 heures sur un fond de 25 m pendant 23 minutes. Déterminer les paliers éventuels, la durée totale de la remontée, l'heure de sortie et le groupe de plongée successive.

Résolution :
On trouve : 1 palier de 1 minute à 3 mètres, DTR = 3 min, heure de sortie = 9h 26, GPS = F.

En montant sur le bateau ancré sur 20 m, un des plongeurs laisse échapper son phare. Le directeur de plongée autorise la palanquée à redescendre pour rechercher le phare pendant 20 min maximum. Chacun s'équipe d'un nouveau bloc et la palanquée se ré immerge à 9h 40.
Déterminer les paliers éventuels, la durée totale de la remontée, l'heure de sortie et le groupe de plongée successive.



Plongées consécutives

Résolution :
Paramètres à prendre en compte dans les tables :
La profondeur maximale a été atteinte au cours de la première plongée ⇒ Prof.: = 25 m.
L'intervalle de surface est de 14 min, inférieur à 15 min ⇒ la durée à prendre en compte est la somme des durées des deux plongées soit ici : 23 + 15 = 38 min.
Durée immédiatement supérieure : 40 min.
On trouve : 1 palier de 10 minutes à 3 mètres, DTR = 12 min, heure de sortie = 10h 07, GPS = J.

Exercice :

- 5 : Deux plongeurs s'immergent à 9h10 à une profondeur de 33 mètres. A 10h ils font surface. Ils s'immergent à nouveau à 10h12 sur 17 m et commencent leur remontée à 10h27.
Faire un graphique faisant apparaître pour chaque plongée : la durée de la plongée, les paliers éventuels, la durée totale de la remontée, l'heure de sortie et le groupe de plongée successive.

Réponse : HS = 11h17

4.2 – Vitesse de remontée incorrecte

4.2.1 - Remontée trop lente

Une remontée lente est une remontée pour laquelle on n'a pas respecté la vitesse de remontée indiquée par les tables (15 à 17 m/min)

Pour déterminer les paliers de la plongée, les paramètres à prendre en compte sont :
- la **profondeur maximale** atteinte au cours de la plongée ;
- la durée de la plongée se mesure de l'immersion au **début de la remontée définitive à vitesse normale**.

Exemple : Une palanquée s'immerge à 8h 52 sur le tombant de Méjean. A 9h13, ils amorcent la remontée. Le profondimètre indique une profondeur maxi de 31 m. En haut du tombant, les plongeurs aperçoivent un mérou qui fait le beau. Ils ne peuvent pas s'empêcher de le suivre quelques minutes. A 9h18, à regret, ils le quittent et reprennent la remontée. Ils sont alors à 19 m.

Déterminer les paliers éventuels, la durée totale de la remontée, l'heure de sortie et le groupe de plongée successive.

Résolution :

- Détermination des paliers
Paramètres à prendre en compte dans les tables :
Profondeur réelle 31 m ⇒ Prof. immédiatement supérieure : 32 m
Durée : de l'immersion (8h52) au début de la remontée définitive à vitesse normale (9h18). Soit 9h18 - 8h52 = 8h78 - 8h52 = 26 min ⇒ durée immédiatement supérieure : 30 min.
On trouve : 1 palier de 14 minutes à 3 mètres, GPS = I.

- Détermination de l'heure de sortie

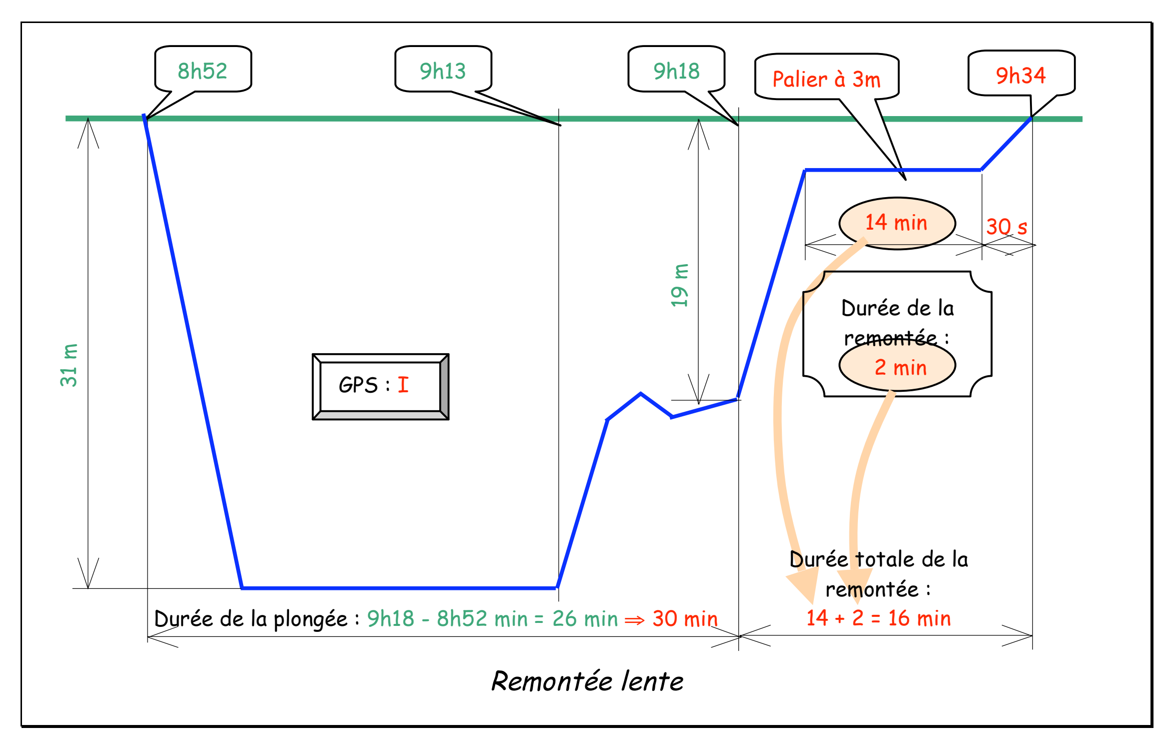
Attention :

La table nous donne DTR= 17 min. Cette durée est déterminée lorsque la remontée s'effectue à partir de la profondeur maximale. Hors, la remontée effective a démarré à 19 m. Il faut **calculer** cette durée totale de la remontée qui est égale à la somme de la durée de remontée et de la durée des paliers.

*Le **tableau IV** permet de déterminer la durée de remontée. Il faut prendre en compte la profondeur de départ de la remontée et la profondeur du premier palier.*

Ici, la remontée démarre à 19m ⇒ Prof. immédiatement supérieure : 20 m et le premier palier est à 3 m. Le tableau IV donne ici 2 min. La DTR est donc égale à 2 = 14 = 16 min.

L'heure de sortie se détermine en ajoutant à l'heure de début de remontée la durée totale de la remontée. Soit 9h18 + 16 min = 9h34.



Remontée lente

Exercice :

- 6 : Deux plongeurs s'immergent à 9h à une profondeur de 43 mètres. A 9h10, ils se retrouvent à 18m. Ils y restent 6 min avant de décider de remonter.

  A 9h48, ils redescendent à 18m et y restent jusqu'à 9h53.

  Faire un graphique faisant apparaître pour chaque plongée : la durée de la plongée, les paliers éventuels, la durée totale de la remontée, l'heure de sortie et le groupe de plongée successive.

  Réponse : HS = 10h25

4.2.2 - Remontée trop rapide

Une remontée est considérée trop rapide si elle s'effectue à une vitesse supérieure à 17 m/min. (Les paliers ont été exécutés ou non).

Elle peut être due à une panique ou à une mauvaise utilisation du gilet. En général, le plongeur "crève la surface".

Attention !!!!
Il y a risque de surpression pulmonaire et/ou d'accident de décompression.
Les tables ne sont valables que pour des vitesses comprises entre 15 et 17 m/min. Il faut utiliser une procédure particulière.

Procédure en cas de remontée rapide
En accord avec le Directeur de Plongée
- redescendre en moins de 3 minutes à la moitié de la profondeur prise en compte dans les tables ;
- y rester 5 min ;
- remonter en effectuant les paliers éventuels. Au minimum 2 min à 3 m.

- Détermination des paliers
Pour déterminer les paliers de la plongée, les paramètres à prendre en compte sont :
- la **profondeur maximale** atteinte au cours de la plongée ;
- la durée du début de la plongée à la **fin du palier** à mi-profondeur.

Remarque :
Les autres membres de la palanquée remontent à vitesse normale et suivent la même procédure. Personne ne s'immerge seul.

Exemple : à 9h35, un moniteur s'immerge avec un élève sur un fond de 37 m. A 9h45, ils commencent leur remontée.
A 10h, il redescend avec un autre élève à une profondeur de 21m. Au cours de l'exercice, l'élève gère mal son gilet et crève la surface. Après l'avoir rejoint, le moniteur fait redescendre le plongeur et ils arrivent à mi profondeur à 10h11.

Déterminer les paliers éventuels, la durée totale de la remontée, l'heure de sortie et le groupe de plongée successive.

Résolution :

- Détermination des paliers de la première plongée
Paramètres à prendre en compte dans les tables :
Profondeur réelle 37 m ⇒ Prof. immédiatement supérieure : 38 m
Durée : 9h45 - 8h35 = 10 min.
On trouve : 1 palier de 1 minute à 3 mètres, GPS = E.

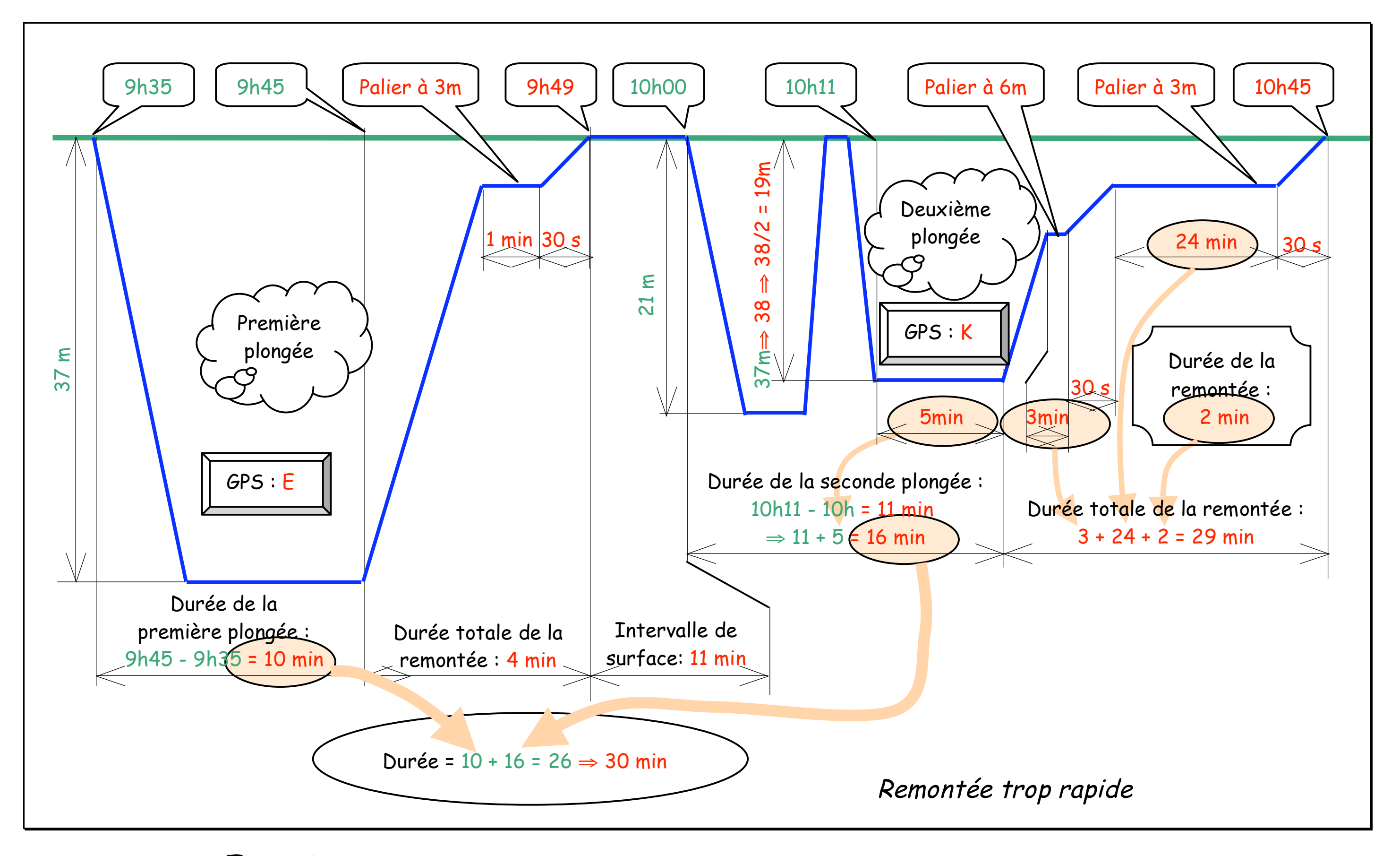
- Procédure de la seconde plongée
La remontée a été trop rapide, il faut appliquer la procédure particulière :
- redescendre à mi profondeur : soit 38/2 = 19m et y rester 5 min.

- Détermination des paliers de la seconde plongée
Paramètres à prendre en compte dans les tables :
L'intervalle de surface est de 11 min, inférieur à 15 min.

La profondeur maximale (37 m) a été atteinte au cours de la première plongée ⇒ Prof.: = 38 m.
La durée à prendre en compte est la somme des durées des deux plongées soit ici : 10 + 16 = 26 min. Durée immédiatement supérieure : 30 min.
On trouve 1 palier de 3 minutes à 6 mètres et 1 palier de 24 minutes à 3 mètres, GPS = K.

- Détermination de la durée totale de la remontée de la seconde plongée
La remontée démarre à 19 m et le premier palier est à 6 m. Dans le tableau IV, la profondeur immédiatement supérieure est de 20m. On trouve une durée de remontée égale à 2 min.
La durée totale de remontée est égale à la somme de la durée de remontée et des durées des paliers : soit 2 + 3 + 24 = 29 min.

- Détermination de l'heure de sortie
L'heure de sortie sera donc : 10h11 + 5 + 29 = 10h45.



Exercice :

- 7 : Deux plongeurs s'immergent à 10h48 à une profondeur de 36 mètres. Au bout de 10 min, l'un d'eux gonfle son gilet et effectue une remontée rapide. Arrivé en surface, ils changent de blocs et redescendent faire leurs paliers éventuels. (Il s'est écoulé 3min depuis le début de la remontée rapide).
  Ils replongent à 15h10 en décidant de limiter la profondeur à 23m. Après 20min d'exploration, ils se retrouvent à 34m. Ils décident de remonter.
  Faire un graphique faisant apparaître pour chaque plongée : la durée de la plongée, les paliers éventuels, la durée totale de la remontée, l'heure de sortie et le groupe de plongée successive.

Réponse : HS = 16h02

4.3 – Palier interrompu

Lorsqu'un palier n'a pas été exécuté ou a été interrompu :

Procédure en cas de palier interrompu
- redescendre en moins de 3 minutes à la profondeur du palier interrompu ;
- refaire **entièrement** le palier.

5 – Utilisation d'un ordinateur de plongée

5.1 – Comparaison Tables - Ordinateur

	Tables MN90	*Ordinateur*
1	Courbe de sécurité	Différente
2	$V_{remontée}$: 15 à 17m/min	$V_{remontée}$: plus lente éventuellement variable : (20m/min à 7m/min : Aladin Pro)
3	Durée de la plongée : De l'immersion à amorce de la remontée	Du seuil d'immersion au seuil d'émersion : (0,5m pour Aladin Pro)
4	Paliers	Paliers ou profondeur plafond
5	Procédures de remontées anormales (rapide ⇒ 1/2 profondeur)	N'existe pas
6	Intervalle de surface (à partir de 15 min)	Calcul en continu
7	Consécutive - successive	Pas de distinction : (archivage : 5min pour Aladin Pro)
8	Si utilisation conjointe de tables et d'ordinateur dans une palanquée, respecter la cohésion de la palanquée	

5.2 – Les dix commandements du plongeur à l'ordinateur

1 - Lisez attentivement le manuel d'utilisation de votre ordinateur avant toute plongée ;
2 - Assurez vous que l'ordinateur fonctionne avant de vous immerger ;
3 - L'ordinateur n'est pas un objet magique (ne vous croyez pas tout permis !) ;
4 - Évitez les paliers ;
5 - Planifiez votre plongée et respectez le planning prévu ;
6 - Respectez les limites d'utilisation (vitesse remontée, profondeur maxi,..) ;
7 - Pendant la plongée, consultez de temps en temps votre ordinateur ;
8 - Suivez les indications de décompression pendant et après la plongée (altitude, avion) ;
9 - Ayez toujours sur vous une montre et des tables de décompression ;
10 - Évitez les échanges d'ordinateur.

LE MATERIEL

Avec l'obtention du niveau 2, vous allez probablement commencer à acquérir votre matériel personnel. Depuis vos premières bulles, vous avez déjà vos palmes, votre masque et votre tuba. Voyons le reste.

1 - La combinaison : protection thermique

Premier investissement. Réalisée en néoprène plus ou moins épais (2 à 7 mm en général), tissus extérieur, intérieur lisse ou « plush ». Pour un faible surcoût, peut être réalisée sur mesure. Il faut la rincer après chaque sortie et la faire sécher à l'ombre. Le soleil « cuit » le néoprène.

- mono pièce :

  Facile à mettre et à enlever. Peut s'accompagner d'une surveste.
- deux pièces :

  Constituée d'un pantalon avec ou sans bretelles et d'une veste à cagoule.

  * Intérieur lisse (combinaison de chasse sous marine) : meilleure protection thermique, pas de fermeture éclair. S'enfile mouillée ou talquée. Fragile, difficile à ôter.
  * Intérieur « plush »: en général, fermeture éclair sur la veste. Facile à mettre et à enlever.
- semi étanche :

  Elle est équipée de manchons lisses aux poignées, aux chevilles et au cou, d'une fermeture éclair étanche dans le dos. Elle laisse passer très peu d'eau mais nécessite de l'aide pour s'équiper et se déséquiper.
- étanche :

  C'est un vêtement technique qui nécessite une formation spécifique.

2 - Les instruments de mesure des paramètres

2.1 - Profondimètre ou ordinateur ?

Ces pièces d'équipement sont obligatoires pour évoluer en autonomie.

Les profondimètres électroniques (timer) indiquent généralement la profondeur instantanée, la profondeur maxi et la durée d'immersion.

Certains modèles intègrent la température de l'eau, l'intervalle de surface, une alarme de remontée rapide et peuvent mémoriser les paramètres des dernières plongées.



90 €

Utilisé avec des tables (MN90, par exemple), un profondimètre électronique

permet de gérer sa décompression.
Les ordinateurs de première génération offrent les mêmes possibilités tout en proposant des informations sur la décompression.
Tout est une question de budget.

2.2 - Choisir un ordinateur



200 €

Tout dépend des plongées que vous voulez faire.

- quelques plongées par an, sans paliers :
  Un ordinateur d'entrée de gamme suffit. Il vous indique les paramètres de la plongée et vous signale que vous êtes entré dans les paliers sans en indiquer la durée.
- vous plongez souvent, en autonomie ou à 40m avec un guide :
  Un ordinateur indiquant les temps de paliers est nécessaire.
- vous comptez suivre une formation complémentaire pour plonger au nitrox :
  Un ordinateur nitrox est souhaitable.

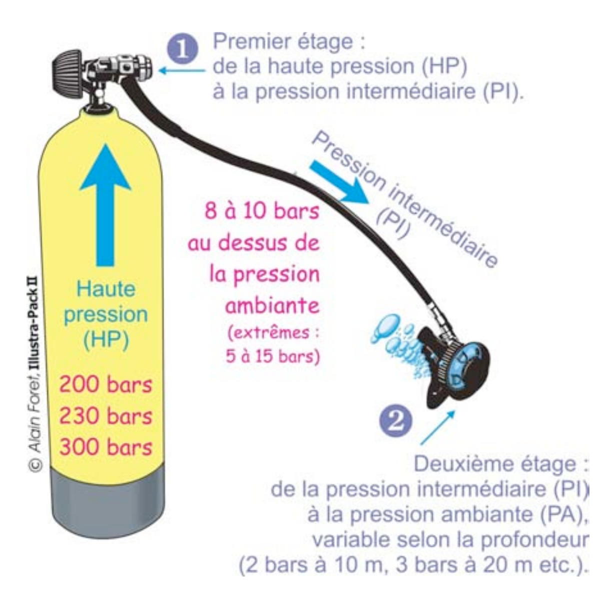
D'autres critères sont à prendre en compte :
- Certains modèles possèdent un mode « pénalisation » permettant de modifier les paramètres du calcul de la décompression tenant compte des conditions difficiles ou facteurs de risques.
- Sur certains modèles, on peut changer soit même la pile (durée de vie relativement courte), sinon l'ordinateur doit être retourné au fabricant (durée de vie de 500 à 1000 plongées).
- Si votre budget le permet, vous pouvez intégrer la gestion de l'air. Soit en utilisant un ordinateur lié au bloc par un flexible HP, soit un ordinateur relié par radio à un émetteur fixé sur le premier étage du détendeur.

2.3 - Choisir une montre de plongée

Instrument de sécurité indispensable, permettant de poursuivre sa décompression en cas de panne du « timer » ou de l'ordinateur.
Classification :
- 50 m water résistant : permet de se baigner ;
- 100 m water résistant : la plongée est autorisée. Il est déconseillé d'utiliser les boutons poussoirs ;
- 200 ou 300 m water résistant : utilisable jusqu'à 60 m.

Différents types sont proposés sur le marché : montres à aiguilles, digitales, avec chronomètre, profondimètre et température, montres ordinateurs.

3 - Les détendeurs



Il n'est pas possible de respirer directement l'air contenu dans le bloc qui est à une pression trop importante. Il faut "détendre" cet air. C'est le rôle du détendeur.

Un détendeur doit fournir de l'air :

- sur simple demande du plongeur (inspiration) ;
- à la pression ambiante, quelles que soient la profondeur, la position du plongeur et les conditions d'utilisation.

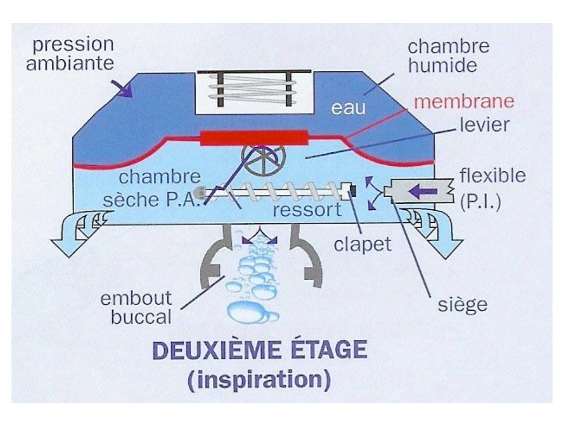
3.1 - Principe de fonctionnement

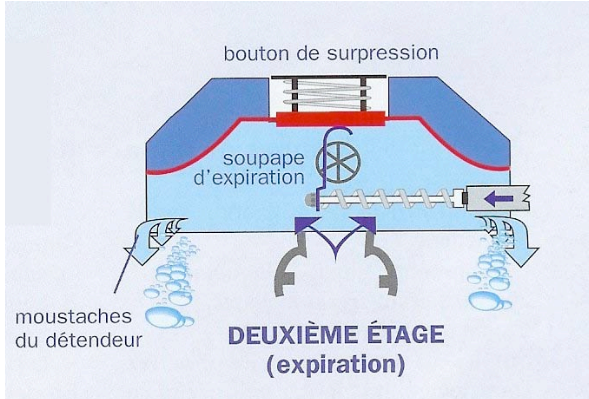
Sur les détendeurs actuels, la "détente" s'effectue en deux étapes.

Le **premier étage** détend l'air haute pression (HP) pour l'amener à une pression intermédiaire (PI) de l'ordre de 8 à 10 bars (avec des extrêmes de 5 à 15 bars) au-dessus de la pression ambiante.

Le **deuxième étage** détend à nouveau l'air à la pression intermédiaire pour l'amener à la pression ambiante.

3.2 - Deuxième étage du détendeur





Lors d'une inspiration, l'air à la pression ambiante contenu dans le deuxième étage est utilisé par le plongeur.

La dépression créée dans la chambre sèche provoque une réaction en chaîne :

- abaissement de la membrane ;
- appui sur le levier ;
- mouvement du clapet qui s'écarte de son siège : l'air à la pression intermédiaire (PI) se détend dans le 2ème étage.

3.3 - Premier étage de détendeur

3.3.1 - Fonctionnement

La dépression créée dans la chambre sèche du deuxième étage a provoqué une réaction en chaîne entraînant la détente de l'air à la pression intermédiaire (PI) contenu dans le flexible.

Dans le premier étage, la réaction en chaîne se poursuit :

- le piston se décolle du siège ;
- de l'air à haute pression (HP) pénètre dans le 1er étage et se détend à la pression intermédiaire (PI) ;
- lorsque l'inspiration cesse, les différentes actions s'équilibrent dans le 2ème et le 1er étage, provoquant la fermeture des clapets.

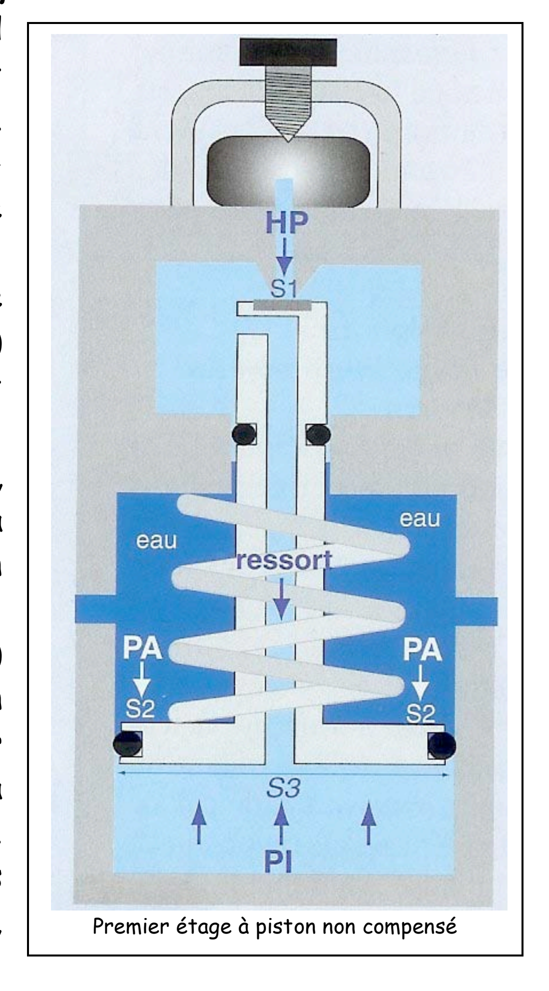
3.3.2 - Premier étage à piston non compensé

L'équilibre du piston est réalisé quand les forces d'ouverture du clapet sont équilibrées par les forces de fermeture. Ces forces sont dues à l'action du ressort, à l'action de l'eau et à l'action de l'air.

On se rappelle que la force (F) due à une pression (p) agissant sur une surface (S) est perpendiculaire à cette surface et est telle que : F = p.S

Compte tenu du déplacement du piston, seules les surfaces perpendiculaires à l'axe du piston sont à prendre en compte.

On constate que la haute pression (HP) intervient dans la valeur de la pression intermédiaire (PI). Pour une profondeur donnée, lorsque la bouteille se vide la pression intermédiaire (PI) diminue. Pour diminuer l'influence de la HP, les constructeurs ont réduits la surface S1, mais cela limite le débit d'air.

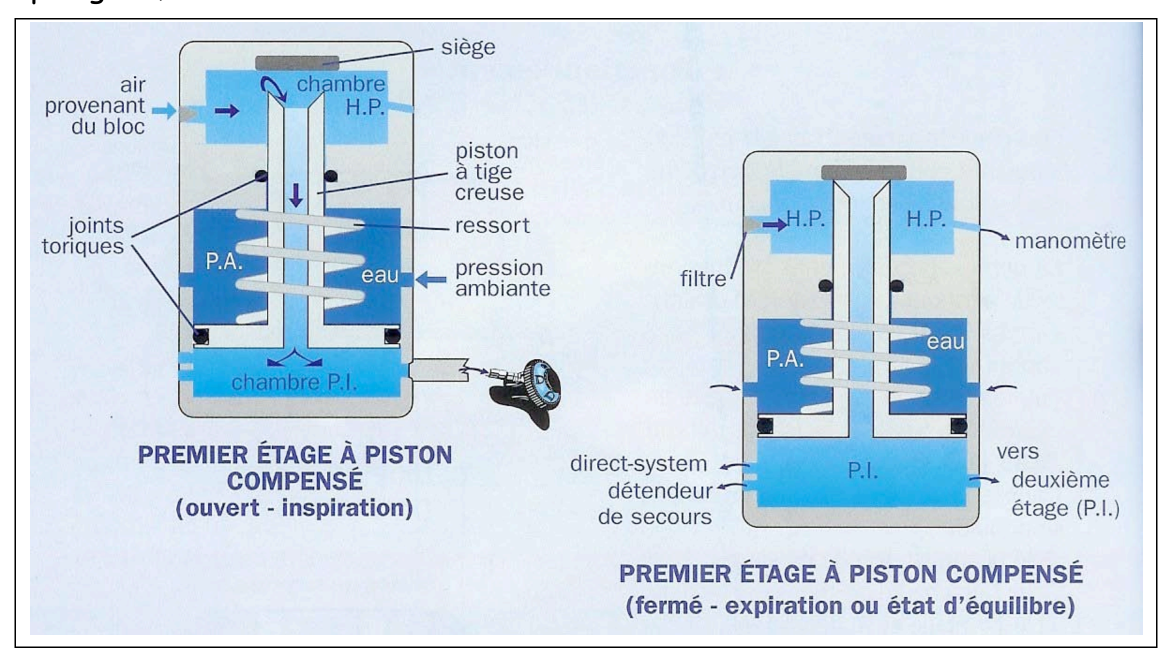


Premier étage à piston non compensé

Lorsque les circonstances l'exigent (essoufflement, deux sur même détendeur…), un débit d'air important est nécessaire d'où l'intérêt d'un deuxième étage compensé qui s'affranchit de l'action de la haute pression.

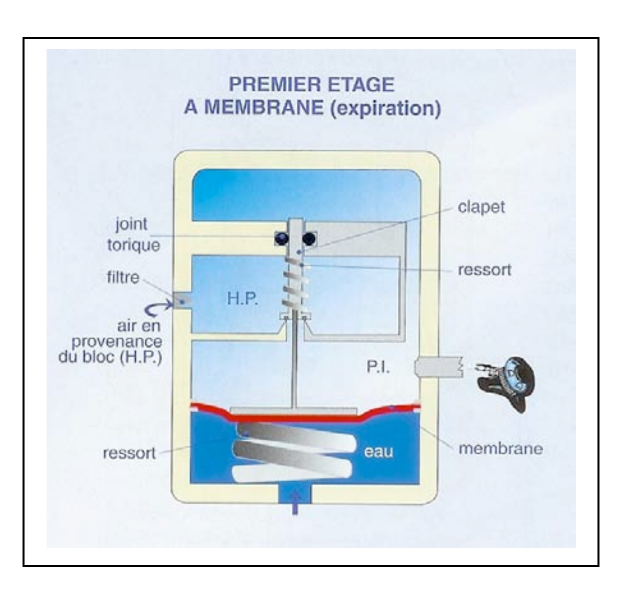
3.3.3 - Premier étage à piston compensé

On constate que la pression (PI) ne dépend plus de la haute pression (HP). On peut maintenant augmenter le diamètre d'ouverture de la haute pression pour autoriser un débit d'air plus important, donc améliorer le confort du plongeur, en réalisant des détendeurs de moins en moins encombrants.



3.3.4 - Premier étage à membrane

En dehors des détendeurs avec premier étage à piston présentés précédemment, il existe aussi des détendeurs à membrane. Ils fonctionnent sur le même principe. La membrane se déforme lors d'une dépression (inspiration), ce qui déplace un pointeau qui appuie à son tour sur le clapet et commande l'ouverture du mécanisme, jusqu'à équilibre des pressions.



3.4 - Risques de pannes

3.4.1 - Risques de pannes au premier étage

1. Fuite au niveau de la fixation sur la robinetterie. Cela provient du joint de la robinetterie, absent, défectueux ou inadapté. Il suffit d'en changer. Pensez à en avoir toujours avec vous.
   Sur les fixations «à étrier», serrez correctement pour éviter que le joint ne s'extrude à l'ouverture de la bouteille.
2. Usure ou défaut du joint d'étanchéité du clapet. Cela provoque une fuite entraînant une augmentation de la pression intermédiaire et une mise en

débit continu du 2ème étage.

3. Joints toriques du 1er étage défectueux. On voit alors de petites bulles sortir de la chambre humide.

En dehors du premier cas, la réparation doit être confiée à un spécialiste.

3.4.2 - Risques de pannes au deuxième étage

Les pannes ou dysfonctionnements du deuxième étage se traduisent généralement par une entrée d'eau lors de l'inspiration. Cela peut provenir de :

1. Embout buccal percé ou fendu ;
2. Une membrane défectueuse ;
3. Une fêlure du boîtier ;
4. Un clapet d'expiration endommagée ou encrassée.

Faire remplacer la pièce défectueuse.

MISE EN DEBIT CONTINU

Généralement, lorsque le détendeur se met en débit continu, cela provient d'une mauvaise étanchéité au niveau du siège/clapet.

3.4.3 - Risques au niveau du flexible

Un flexible usé peut se percer et même exploser, vidant ainsi la bouteille en quelques dizaines de secondes.

Vous devez régulièrement vérifier l'état des flexibles pour repérer toute hernie ou coupure sur le tuyau et en changer. (Un flexible de manomètre fendillé ne va pas tarder à fuir)

3.5 - Prévention

1. Lorsque le détendeur n'est pas sous pression (bouteille fermée, stockage), le clapet de premier étage est ouvert. C'est un choix des constructeurs pour éviter de marquer le joint plan.
   Pour éviter de marquer ce joint, ouvrez la bouteille lentement en faisant fuser légèrement le deuxième étage ;
2. Rincer votre détendeur à l'eau douce après chaque sortie en pensant à mettre en place le bouchon de protection de premier étage. Le faire sécher à l'ombre et retirer le bouchon ;
3. En cas de plongée à partir d'une plage, attention au sable. C'est un abrasif qui peut détériorer le mécanisme interne du détendeur ;
4. évitez les chocs (sac de transport) ;
5. Faire faire des révisions par un spécialiste conformément aux recommandations du constructeur (1 fois par an, tous les 50 plongées....).

3.6 - Choisir un détendeur

Quasiment tous les détendeurs du marché offrent des performances correctes (conformité à la norme EN 250). Il est donc impossible de conseiller un modèle plutôt qu'un autre. En fonction de différents critères, c'est à chacun de faire son choix :

- ***Piston ou membrane ?*** Dans les deux cas, la performance est au rendez-

vous. Dans le second type de détendeur, seule la membrane étant en contact avec l'eau, cela protège le mécanisme (eaux froides, eaux polluées ou chargées). Les pistons ont l'avantage de la robustesse et de la simplicité.

- Compensé ou non compensé, un détendeur compensé se justifie pour un guide de palanquée ou pour des plongées régulières au delà de 20 m.



Premier étage à membrane compensé

- La résistance à l'inspiration est aussi un critère. Mieux vaut choisir un détendeur ayant la résistance la plus faible possible. Certains détendeurs disposent d'un réglage de résistance.

- DIN ou étrier ? Les détendeurs DIN offrent l'avantage de la fiabilité. Les joints toriques ne peuvent pas sortir de leur logement, ce qui n'est pas le cas avec un étrier.

- Selon les instruments que vous greffez sur le détendeur (manomètre, direct-system du gilet, direct-system d'une combinaison étanche, détendeur de secours, etc.), le nombre de sorties HP et PI (ou MP) et leur position sur le premier étage est à considérer.

- Enfin, d'autres critères tels que le prix, le poids ou l'esthétique sont propres à chacun.

Rappel : Le deuxième étage de secours est obligatoire en autonomie. Il se raccorde sur une sortie moyenne pression (PI) du premier étage. Il devra être équipé d'un flexible suffisamment long (1 m). Préférer un flexible et un détendeur de couleur jaune afin de bien les distinguer.

3 - Le gilet



Appelé « système de sécurité gonflable », il est obligatoire pour plonger en autonomie.

Il doit pouvoir être bien ajusté au corps pour éviter que la bouteille ne roule sur le dos.

Il peut être à sangles réglables ou non ;

Son volume doit être suffisant pour compenser l'écrasement de votre combinaison avec la profondeur et pour pouvoir remonter un équipier en difficulté (15 à 25 litres) ;

Il doit être équipé d'une purge haute et d'une purge basse en plus de la purge lente située sur l'inflateur. Ces boutons et commandes de purges doivent être facilement accessibles. Un « fenstop » est un plus appréciable ;

Les gilets comportent plus ou moins de boucles d'accrochages, de poches zippées ou non, de poches à lest qui évitent la ceinture de plomb.

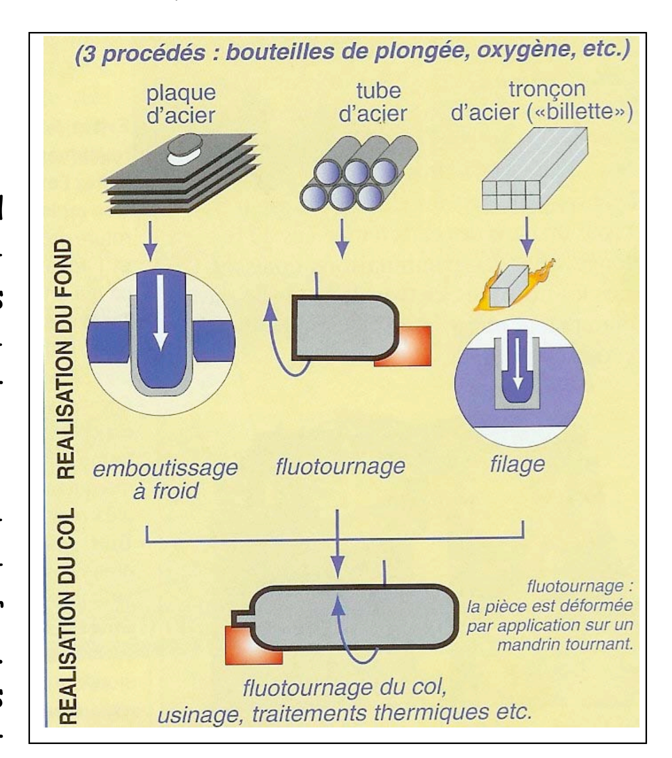
4 - Les bouteilles de plongée à l'air

En plongée loisir à l'air, les bouteilles utilisées sont soit en acier, soit en alliage d'aluminium. Leur capacité varie de 6 litres ("biberons" pour jeune plongeur) à 18 litres (pour les gourmands). La pression de gonflage variant de 176 à 300 bars (la plupart des bouteilles récentes ont une pression de service de 230 bars).
L'air sous pression peut entraîner l'éclatement de la bouteille. Pour la sécurité de tous, elles doivent être vérifiées régulièrement par un spécialiste.
Le propriétaire d'une bouteille est le responsable de son bon état de fonctionnement.

4.1 - Fabrication des bouteilles en acier

Il existe principalement trois procédés de fabrication des bouteilles haute pression en acier, selon que le matériau de départ soit :

- une plaque ;
- un tube sans soudure ;
- un tronçon d'acier.



Plaque d'acier

Les plaques d'acier sont d'abord inspectées (ultrasons...) pour repérer d'éventuels défauts. Elles sont ensuite découpées puis embouties et filées (procédé dit IWKA)

Tube d'acier

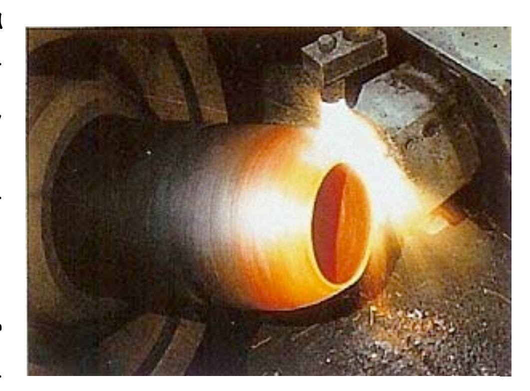
Les tubes sans soudure sont inspectés puis découpés à la dimension désirée et mis en forme par fluotournage (procédé dit ROTH). Ces bouteilles ont un fond plus épais que les précédentes et sont donc plus lourdes de 1 à 2 kg pour un même volume intérieur.

Tronçon d'acier ("billette")

Le tronçon d'acier est chauffé puis filé sur une presse. On obtient un corps creux.

Réalisation du col et finition

La réalisation du col est faite soit par fluotournage, soit par forgeage. Il y a ensuite bien d'autres étapes avant la mise sur le marché : usinage, traitements thermiques, contrôle visuel, épreuve hydraulique, etc.



De plus, par sondage dans les lots fabriqués, un certain nombre de blocs subissent des essais destructifs (surpression, éclatement, charge/décharge) pour vérifier la limite de résistance et l'absence de défaut.

Remarque :

A pression équivalente, l'épaisseur de métal est proportionnelle au diamètre de la bouteille. A contenance égale et à procédé de fabrication identique, une bouteille «longue» est donc moins lourde qu'une bouteille «courte ».

4.2 - Les blocs en aluminium

Les bouteilles dites «en aluminium» sont faites d'un alliage d'aluminium différent d'un constructeur à l'autre. Elles ont l'avantage d'être moins sensibles à la corrosion due au sel de mer que celles en acier. Pour autant, elles subissent d'autres types de corrosion. Relativement «légères», cet avantage n'en est pas un dans des eaux tempérées où l'on plonge avec des combinaisons épaisses (nécessité d'un lest important). Sous les tropiques, ce type de bouteille est couramment utilisé, particulièrement dans la zone américaine.

4.3 - Identification des blocs

Pour être mises sur le marché, les bouteilles doivent porter certaines mentions.

Marques d'identité: nom du constructeur, lieu et année de fabrication, numéro de fabrication, pression d'épreuve (PE), volume intérieur, marque nationale ou européenne (CE), etc.

Marques de service: nature du gaz, pression maximale d'utilisation ou pression de service (PS), date de la dernière épreuve, etc.

4.4 - Réglementation

Inspection et requalification

Les bouteilles doivent être **inspectées** chaque fois que nécessaire et au moins dans les délais réglementaires. Cela consiste en un examen méticuleux des parois par une personne compétente (**T**echnicien en **I**nspection **Vi**suelle). De plus, une bouteille doit subir une **requalification** périodique. Cette opération comprend :

- une **inspection** visuelle ;
- une **épreuve** hydraulique : remplie d'eau, la bouteille est soumise à la pres-

sion d'épreuve (PE), soit 1,5 fois sa pression de service (PS) ; ces contrôles sont effectués sous le contrôle de la DRIRE par un organisme autorisé (APAVE, VERITAS, ASAP). Si la bouteille est jugée conforme, la date de cette épreuve est gravée ;

- la **vérification** des accessoires de sécurité associés : ce point est en discussion auprès des autorités administratives, à terme, la robinetterie pourrait entrer dans ce cadre.



Périodicité des visites (arrêté du 15 mars 2000)

<u>Régime général</u>

Visite : au minimum tous les 12 mois

Requalification : tous les deux ans

<u>Cas dérogatoire (clubs de plongée) : Régime TIV</u>

L'arrêté du 18 novembre 1986 permet à la FFESSM de bénéficier d'un régime dérogatoire portant l'intervalle des requalifications de 2 ans à 5 ans.

Visite : au minimum tous les 12 mois par un TIV (Technicien en Inspection Visuelle). Cette formation est proposée à la FFESSM dès l'âge de 18 ans. Le bloc doit être inscrit sur le registre du club. Il est délivré un certificat de visite et il faut apposer un autocollant sur la bouteille.

Requalification : tous les cinq ans

4.6 - Précautions à prendre avec les bouteilles

- **Éviter les chocs,** ils la fragilisent dangereusement.

- **Éviter l'exposition au soleil et les gonflages trop rapides :** par l'augmentation de température créée, cela favorise la condensation et l'apparition d'eau dans votre bouteille, ce qui entraîne sa corrosion intérieure.

- **Toute suspicion d'entrée d'eau** doit conduire à une inspection intérieure de la bouteille par un spécialiste.

- **Entreposer la bouteille debout** plutôt que couchée, en veillant à ce que le robinet soit fermé (s'il y a un peu de condensation, cela marquera le métal sur le fond, plus épais et plus résistant, et non sur les parois).

- Tout gonflage excessif dépassant la pression de service (pression d'utilisation) fatigue le métal.

- Éviter la corrosion extérieure de la bouteille en maintenant la peinture en bon état, en ajoutant un filet de protection et en rinçant régulièrement la bouteille.

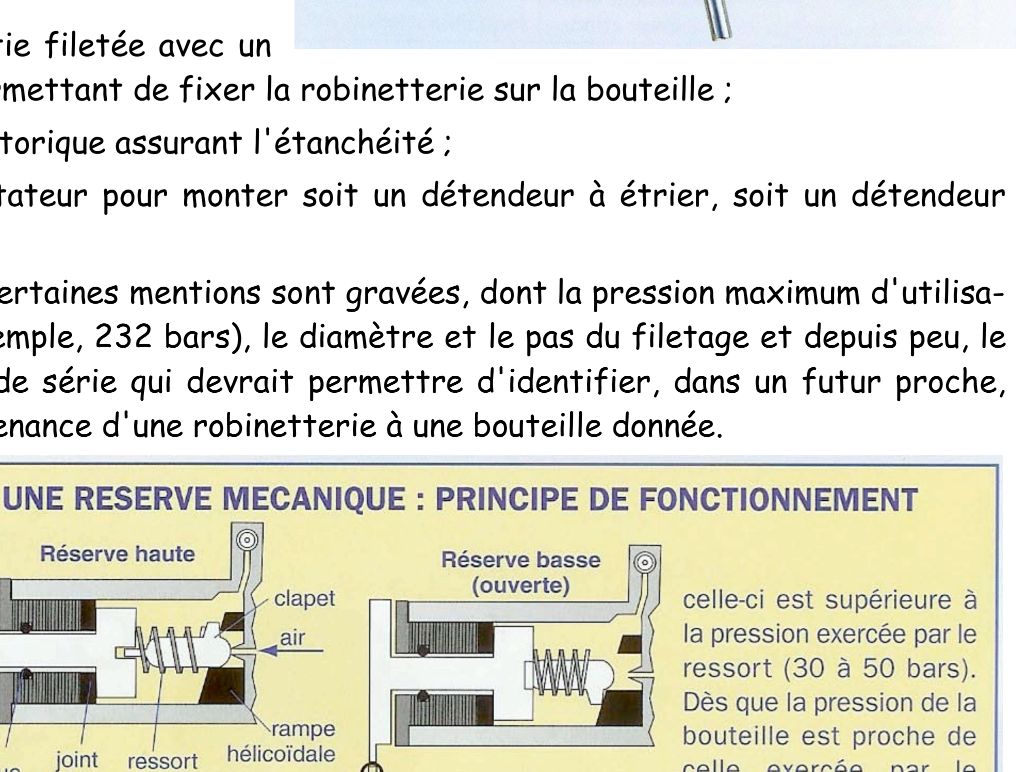
4.7 - La robinetterie



Dans une robinetterie, nous trouvons :

- un robinet pour ouvrir et fermer, manié à l'aide d'une poignée ;
- un tube évitant que des corps étrangers (poussière, eau...) n'arrivent dans le détendeur lorsque le plongeur est tête en bas ;
- une partie filetée avec un joint permettant de fixer la robinetterie sur la bouteille ;
- un joint torique assurant l'étanchéité ;
- un adaptateur pour monter soit un détendeur à étrier, soit un détendeur DIN.

De plus, certaines mentions sont gravées, dont la pression maximum d'utilisation (exemple, 232 bars), le diamètre et le pas du filetage et depuis peu, le numéro de série qui devrait permettre d'identifier, dans un futur proche, l'appartenance d'une robinetterie à une bouteille donnée.



ATTENTION DANGER

Quatre types de filetage sont actuellement en circulation en Europe :

- 3/4 DIN 259 (3/4 gaz) ;
- M 18 x 1,5 ;
- M 25 x 2 (adopté par tous les fabricants en 1998) ;
- conique E17.

Le parc en circulation comprenant des bouteilles avec l'ensemble de ces filetages, le risque est de visser une robinetterie sur une bouteille dont le filetage ne correspond pas à celui de la robinetterie. La très faible différence de pas entre les différents systèmes autorise de tels montages.
Ils ne sont pas fiables et peuvent transformer la robinetterie en projectile lors du gonflage ou tout simplement en manipulant la bouteille.

Ce danger est mortel.
Toute intervention sur une robinetterie doit être confiée à un spécialiste.



5 - Accessoires de sécurité

5.1 - Manomètre



Le manomètre immergeable permet de connaître à tout instant la pression résiduelle dans la bouteille et remplace avantageusement la réserve mécanique.

5.2 - Parachute de paliers

Permet de signaler la présence de la palanquée au palier ou en surface loin du bateau.
Prévoir un parachute par palanquée.